NOTES ET MÉMOIRES

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE M. Louis DUBERTRET
Ingénieur Civil des Mines, Ingénieur-Docteur
Membre correspondant du Muséum National d'Histoire Naturelle

TOME IV

ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET GÉOGRAPHIQUES

SUR

LE LIBAN, LA SYRIE ET LE MOYEN-ORIENT

PAR

MM. A. BOURGOIN, H. DE CIZANCOURT, W. B. FISH,
R. GOMBAULT, J. HALLER, S. H. SHAW, F. E. WELLINGS,
R. WETZEL et L. DUBERTRET

Volume publié avec le concours de
la Direction Générale des Relations Culturelles

BEYROUTH, 1945-1948



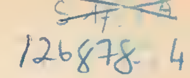
ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET GÉOGRAPHIQUES



EN VENTE :

LABORATOIRE DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET DE GÉOLOGIE DYNAMIQUE
1, Rue Victor Cousin — Paris (V^e^)

LIBRAIRIE ANTOINE
Rue de l'Émir Béchir — Beyrouth (Liban)



NOTES ET MÉMOIRES

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE M. LOUIS DUBERTRET
Ingénieur Civil des Mines, Ingénieur-Docteur
Membre correspondant du Muséum National d'Histoire Naturelle

TOME IV

ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET GÉOGRAPHIQUES

SUR

LE LIBAN, LA SYRIE ET LE MOYEN-ORIENT

PAR

MM. A. BOURGOIN, H. DE CIZANCOURT, W. B. FISH,
R. GOMBAULT, J. HALLER, S. H. SHAW, F. E. WELLINGS,
R. WETZEL et L. DUBERTRET

Volume publié avec le concours de
la Direction Générale des Relations Culturelles

BEYROUTH, 1945-1948



INTRODUCTION

VINGT ANS DE GÉOLOGIE EN SYRIE ET AU LIBAN

Le 12 Janvier 1928, M. Henri Ponsot, Haut Commissaire de France en Syrie et au Liban, me chargeait de ma première mission géologique. C'était ranimer l'étude géologique de la Syrie et du Liban. Car la guerre 1914-1918 avait suspendu les explorations de mon illustre prédécesseur M. Blanckenhorn, *lequel ne fit plus au Levant qu'une courte apparition au printemps 1930, pour ses 70 ans.* G. Zumoffen, *qui vivait à Beyrouth depuis 1890, avait cessé ses randonnées à travers le Liban ; il devait décéder en 1928, dans sa 80e année.*

A cette époque, on songeait surtout à l'organisation matérielle du pays. Mes missions avaient pour objet l'étude de grands projets d'aménagements hydrauliques sur l'Euphrate et l'Oronte, des captages, des recherches minières. J'étais entraîné d'un point à l'autre des territoires soumis au Mandat Français. L'établissement de la carte géologique était admis en principe.

A. Keller *fut, en 1930, mon premier collaborateur ;* H. Vautrin *vint nous rejoindre au printemps 1931. Une* Section d'Études Géologiques *fut alors créée dans le cadre du* Haut Commissariat, *avec mission d'assurer la mise en train de la prospection du pétrole, qui jusque là était restée interdite.*

Nous avons, pendant ces années, prospecté toute l'étendue de la Syrie et du Liban. La bordure méditerranéenne et les points caractéristiques de l'intérieur ont été couverts d'un lever expédié, rapporté essentiellement à la carte ottomane au 200.000e, et qui servit à dresser une carte géologique d'ensemble au millionième. La notice était complétée d'un aperçu sur l'hydrologie souterraine et l'hydrographie, ainsi que d'une étude sur la climatologie par Ch. Combier (1).

Keller *et* Vautrin *s'étaient mis, avec Mlle* E. David, *à la description des faunes recueillies. Leurs études, complétées par des exposés stratigraphiques, ont constitué le Tome I de nos* Notes et Mémoires. *En assurant son édition par sa* Revue, *mon maître* Léon Lutaud, *Directeur du* Laboratoire de Géographie Physique et de

(1) *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 1933, Vol. VI, F 1.

Géologie Dynamique *de la* Sorbonne, *qui m'avait conseillé et encouragé dans mes débuts parfois difficiles, montrait une fois de plus sa grande bienveillance.*

Par la suite, sur le conseil et avec l'appui de M. Charles JACOB, *Directeur du* Laboratoire de Géologie *de la* Sorbonne, *nos matériaux ont été autant que possible confiés à des collègues spécialisés. Le Tome II, consacré encore à la paléontologie et à la stratigraphie, a été élaboré avec le concours de Mlle* J. PFENDER, *Mme* E. BASSE, *Mlle* C. DECHASEAUX *et de* L. DONCIEUX *(1937). Le Tome III comporte des études paléontologiques de Mlle* G DELPEY *(thèse), Mmes* E. BASSE *et* R. DUBERTRET, *de* F. ROMAN *et* J. ROGER *(1940). Nous pensions le compléter par des descriptions régionales.*

En comparaison des progrès de l'étude paléontologique et stratigraphique, l'établissement de la carte géologique pouvait paraître traîner. Il présentait des difficultés. Notre premier lever au 200.000e était devenu caduc devant les progrès cartographiques. Or, nous ne pouvions nous concentrer sur les nouvelles feuilles au 50.000e éditées par le Service Géographique de l'Armée, *et le nouveau 200.000e édité par son annexe à Beyrouth, constamment amélioré, n'atteignait jamais une forme stable.*

La Guerre en nous séparant de la métropole, nous a obligé à vivre des ressources locales. Nous avons dressé des cartes géologiques d'ensemble pour les besoins des Armées; le 50.000e a pu être abordé avec fruit. Le Service Géographique des Forces Françaises Libres *se chargeait des impressions.*

Avec les Armées nous sont venus des collaborateurs inattendus. Un petit cercle géologique s'est constitué, grâce à la présence à Beyrouth de la 42me Section Géologique Sud-Africaine (S.A.E.C., U.D.F., M.E.F.), *où nous avons trouvé de charmants camarades :* G. L. PAVER, G. C. L. CLARKE, A. THOMPSON.

R. WETZEL, *géologue de l'*Iraq Petroleum Co. Ltd., *mobilisé à la raffinerie de Tripoli, se mit au lever détaillé de sa région. Avec* J. HALLER, *agent d'une compagnie de ravitaillement maritime, qui depuis des années consacrait ses loisirs à la préhistoire, fut abordée la géologie du Quaternaire littoral et la difficile coordination des données préhistoriques et de la stratigraphie géologique.*

A. BOURGOIN, *ingénieur de la* Compagnie Générale de Géophysique Procédé SCHLUMBERGER, *détaché pendant un an à la* Section d'Etudes Géologiques, *y a discuté les anomalies de la pesanteur observées en 1936 par le* RP. LEJAY.

W. B. FISH, *docteur en géographie (Paris), chargé de la direction de postes météorologiques de la* Royal Air Force *en Méditerranée Orientale (Beyrouth, Tobrouk, etc.), fit une traduction anglaise, complétée de commentaires se référant aux paysages d'Angleterre, de la notice explicative de ma carte lithologique au 500.000e. Il fixa son expérience de météorologiste en un premier aperçu sur la météorologie de la Syrie et du Liban. Enfin, profitant des moyens d'information dont il disposait, il aida à dresser une carte pluviométrique du Moyen Orient.*

Le Tome IV prenait un caractère géographique. Nous l'avons complété par l'aperçu sur les flores que R. GOMBAULT, *alors Inspecteur Général des Douanes à Beyrouth, avait rédigé en 1938, pour servir à un Manuel de Géographie.*

Enfin, H. DE CIZANCOURT, *ingénieur géologue à la* Compagnie Française des Pétroles, *en acceptant d'analyser les conclusions à tirer des anomalies de la pesanteur sur la structure profonde de la Syrie et du Liban, répondait à une préoccupation actuelle de la prospection du pétrole dans ces pays.*

Notre aperçu de géographie physique sur le Liban et l'Anti-Liban met en place quelques faits essentiels, dans l'attente de descriptions plus complètes afin de servir à d'autres recherches, ainsi qu'à l'enseignement.

*L'impression du Tome IV, commencée à Beyrouth en 1945, à l'*Imprimerie Catholique, *y a été achevée en 1948.*

Pour compléter cet aperçu sur l'activité qui s'est développée au sein et dans l'entourage de la Section d'Études Géologiques *depuis 1928, il reste à citer le Manuel de Géographie: Syrie-Liban-Proche-Orient, fait en collaboration avec mon ami regretté* J. WEULERSSE *(1) et le bel ouvrage de* F. HEYBROEK : *La géologie d'une partie du Liban-Sud (2), dont l auteur avait fait un stage à la* Section d'Études Géologiques, *de mai 1937 à août 1938.*

La Section d'Études Géologiques *a été dissoute le 31 Décembre 1946. Mais la compréhension et l'intérêt manifestés par les services des États de Syrie et du Liban permet d'envisager l'achèvement de la carte géologique au 50.000e du Liban et l'extension de la carte au 200.000e à l'ensemble de la bordure méditerranéenne de la Syrie.*

*Les 20 ans de notre activité géologique au Levant sont pour nous l'occasion de remercier tous ceux qui, à des titres divers, nous ont soutenu, ont contribué à notre tâche ou l'ont facilitée; nos maîtres, nos chefs, nos collaborateurs, nos confrères des compagnies privées. Aux noms déjà cités, nous devons ajouter ceux des géologues de l'*Iraq Petroleum Co. Ltd., *géologues qui depuis 1933 ont travaillé à nos côtés dans un esprit de franche amitié :* F. E. WELLINGS, F. R. S. HENSON, G. WILLIAMSON, E. I. DANIEL, R. WETZEL, L. DAMESIN, H. BADOUX, R. V. BROWNE, *etc. D'autres géologues ont passé plus brièvement et ont contribué à l'œuvre commune par des notes, comme* F. JACQUET, P. LAPADU-HARGUES, *ou sous forme invisible, par les vues qu'ils ont exprimées, comme* N. MENCHIKOFF, R. POMEYROL, *puis M.* C. ARAMBOURG. A. BIREMBAUT, *successeur de* H. VAUTRIN *à partir de 1937, en assurant la marche du Service des Mines, nous a permis de nous consacrer avec suite à la carte géologique.*

Nous exprimons aussi nos remerciements à ceux qui ont publié nos travaux: la Revue *de MM.* L. LUTAUD, J. BOURCART, H VINCIENNE, *le* Service Géographique des F. F. L., *qui était dirigé par le Colonel* GLADIEUX, *enfin l'*Imprimerie Catholique, *dirigée par le* R P. CORON.

Notre pensée s'adresse enfin à deux confrères décédés au début de la guerre: A. KELLER *qui a été notre collaborateur de 1930 à 1932 et* G. S. BLAKE, *géologue du* Gouvernement de Palestine *de 1922 à 1935.*

L. Dubertret

(1) *Beyrouth*, Imprimerie Catholique, *1940*.

(2) *Thèse soutenue à Groningen, Pays Bas et parue dans les* Leidsche Geologische Mededeelingen, *XII, 1942, p. 251-470.*

Relevé des publications de la Section d'Études Géologiques

NOTES ET MEMOIRES DE LA SECTION D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES DU HAUT COMMISSARIAT FRANÇAIS EN SYRIE ET AU LIBAN

TOME I (1934)

I — *Contribution à l'étude géologique de la Syrie septentrionale :*

La tectonique de la Syrie septentrionale à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire, par L. Dubertret.

Sur quelques formes nouvelles de Rudistes recueillies en Syrie septentrionale, par H. Vautrin.

Sur quelques Rudistes du Djebel Ansaryeh et de l'Amanus, par A. Keller.

Foraminifères sénoniens et éocènes de la Syrie septentrionale, par Mlle E. David.

II. — *Le Miocène en Syrie et au Liban :*

Le développement de nos connaissances sur le Miocène de la Syrie et du Liban, par L. Dubertret.

Le Djebel Bichri, par L. Dubertret.

Les Echinides burdigaliens de la zone désertique syrienne, par H. Vautrin.

Sur quelques Pectinidés de la zone désertique syrienne, par A. Keller.

Les grands Foraminifères miocènes de la zone désertique syrienne, par Mlle E. David.

Le Miocène de la région côtière d'Alexandrette, par H. Vautrin.

Le Miocène du Liban, par A. Keller.

Liste des faunes néogènes connues en Syrie, au Liban, à Chypre et en Cilicie.

TOME II (1937). — *Contribution à l'étude géologique de la côte libano-syrienne.*

I. *Stratigraphie* ;

Le Massif Alaouite, par L. Dubertret.

Révision de la stratigraphie du Crétacé du Liban, par L. Dubertret et H. Vautrin.

L'Eocène, par L. Dubertret.

La stratigraphie du Pliocène et du Quaternaire marins de la côte syrienne, par L. Dubertret, H. Vautrin et A. Keller.

Données diverses sur le Pliocène et le Quaternaire marins de la Syrie et du Liban, par L. Dubertret.

II. — *Paléontologie :*

Quelques Hydrozoaires de la Syrie septentrionale, par Mlle J. Pfender.

Nouvelle contribution à l'étude des Echinides de Syrie et du Liban, par H. Vautrin et A. Keller.

Les Céphalopodes crétacés des massifs côtiers libano-syriens, par Mme E. Basse.

Sur le genre *Cyclobatis* et sa position systématique parmi l'ensemble des Sélaciens, par C. Dechaseaux.

Les Foraminifères éocènes de la Syrie septentrionale, par L. Doncieux.

TOME III (1940).— *Etudes paléontologiques :*

Observations au sujet des coupures du Crétacé libano-syrien, par L. Dubertret.

Le Père G. Zumoffen, par J. de Guilhermier.

Les Gastéropodes mésozoïques de la région libanaise, par Mlle G. Delpey (thèse).

Pectinidés miocènes, pliocènes et quaternaires de Syrie, par J. Roger.

Listes raisonnées des faunes du Pliocène et du Miocène de Syrie et du Liban, par F. Roman.

Les Céphalopodes crétacés des massifs côtiers syriens, par Mme E. Basse.

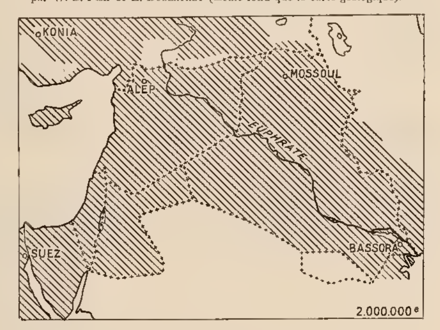
Sur *Alveolina Violae* Checchia Rispoli de la région d'Antioche et le sous-genre *Eoalveolinella Silvestri*, par Madame R. Dubertret.

Les notes aux *CR. Ac. Sc.* et aux *CR. Som. Soc. Géol. Fr.* ne sont pas relevées ici.

CARTES

Carte géologique du Moyen-Orient au 2 millionième, 1942, par L. Dubertret.

Carte pluviométrique du Moyen-Orient au 2 millionième, 1945, par W. B. Fish et L. Dubertret (même fond que la carte géologique).



Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième (2e édition), 1941-43, notice de 56 p., par L. Dubertret (épuisé).

Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième (3e édition), 1945, par L. Dubertret.

Carte lithologique de la Syrie et du Liban au millionième, 1945, par L. Dubertret.

Aperçu sur les climats de la Syrie et du Liban avec carte au millionième des pluies et vents, 32 p., 1945, par Ch. Combier.

500.000 e
lithologique
ALEXANDRETTE
ALEP
BEYROUTH
DAMAS
JÉRUSALEM

ANTIOCHE
ALEP
LATTAQUIE
HAMA
SELEMIYÉ
TRIPOLI
HOMS
QARYATEINE
BEYROUTH
DAMAS
SABA·BIAR
HAÏFFA
200.000 e
publié
en préparation

50 000 e
TARTOUS
HAMIDIYÉ
BATROUN
TRIPOLI
JBAÏL
QARTABA
BEYROUTH
ZAHLÉ
SAÏDA
DJEZZINE
RACHAYA
NORD

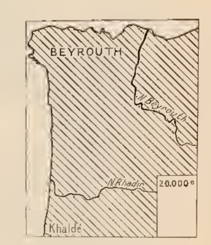
Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée au 500.000e, en 2 feuilles, avec notice de 31 p., 1941-43, par L. DUBERTRET.

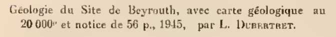
Lithological Map : même carte, notice en Anglais, par W. B. FISH.

Carte géologique au 200.000e, feuille de Tripoli, 1945, par L. DUBERTRET et R. WETZEL.

Carte géologique au 50.000e, 10 feuilles, 1945, par L. DUBERTRET, H. VAUTRIN, R. WETZEL, F. HEYBROEK.

Carte physique du Liban et de l'Anti-Liban au 400.000e, 1943, par L. DUBERTRET.




Géologie du Site de Beyrouth, avec carte géologique au 20 000e et notice de 56 p., 1945, par L. DUBERTRET.

GEORGE STANFIELD BLAKE

B. Sc., A. R. S. M., M. I. M. M., F. G. S..

Born 9th July 1876
Killed 4th July 1940.

Royal Mines of Elba, Italy, 1897-99.
Imperial Institute, London, 1900-08, in connection with Mineral Survey of Crown Colonies
Geological and Petroleum Work, Canada and Newfoundland, 1909-15.
Ministry of Munitions, England, 1916-20.
On Staff of Imperial College of Science, London, 1920-22.
Geological Adviser, Government of Palestine, 1922-38.
Consultant to Palestine Mining Syndicate, 1940.

A very great part of our present-day knowledge of the detailed geology of Palestine is due to the skilful and untiring work of the late G. S. Blake.

He was appointed as Geological Adviser to the Palestine Government in April 1922 and for 16 years, until his retirement in 1938, devoted himself whole-heartedly to all aspects of the geology of Palestine. In addition to advising on current problems of water supply and the prospects of making economic use of the somewhat scanty mineral resources of the country, he found time to travel extensively in all parts of the country, to study the stratigraphy and succession of the rock formations and to measure many sections and eventually to produce the most detailed geological map, in 1/250.000, of the northern portion of the country that has so far appeared (1939). The greater part of this work was done at a time when communications were far more difficult than they are now and in a country where security has never been of a high order and before topographical maps of the present high degree of accuracy were available.

In producing his map, he endeavoured to illustrate the structure of the country to as great an extent as possible, and, in pursuit of this aim, he spent much time in the examination of the succession in the Turonian-Cenomanian rocks, determining and mapping a somewhat inconsistant marly horizon in the Middle Cenomanian and also attempting, where possible, to differentiate on the map between the Turonian and the Cenomanian. Although later work has in some cases shown that modifications of his boundaries are necessary, the greater part of his mapping will undoubtedly stand without alteration.

For the first 10 years, BLAKE was baffled by the featureless chalks which overlay the Middle Cretaceous limestone in southern and northern Palestine and had been referred to the Senonian by earlier authors like BLANCKENHORN. Only between Nablus and Nazareth was the Nummulitic Eocene recognised, while no Oligocene or Miocene had been reported.

It was not until the geologists of PETROLEUM DEVELOPMENT PALESTINE (I.P.C.) began mapping around Gaza and Beersheba, in 1933, and F. R. S. HENSON had determined their samples and subdivided these chalky marls, by the smaller foraminifera, into Upper Cretaceous, Palaeocene, Lower, Middle, and Upper Eocene, that detailed areal mapping became possible. It progressed rapidly, because of the happy personal relations existing, whereby BLAKE's wide knowledge of and varied collections from critical sections were correlated into a regional survey along with a similar felicitous collaboration from L. DUBERTRET in Syria and Lebanon.

He was a poor draughtsman and disliked writing and especially proof-reading, which explains why his longer publications are sometimes hard to digest. Owing to the many calls upon his time and the lack of museum facilities, his output was less than it might have been, particularly on the tectonic side, but he achieved a synthesis of the stratigraphy, where previously there were only scattered accounts.

Personally a quiet modest man, with a small circle of friends, BLAKE's recreation was music and he was a regular attendant at concerts.

BLAKE was a man of boundless energy and enthusiasm for his work and indeed continued in Government service beyond the usual retiring age. At 63, he was still well able to out-distance many a younger man in the field. It may be said in fact that it was this untiring energy that was eventually responsible for his tragic end, because, after enjoying a year's retirement, he returned to Palestine in 1940, to carry out geological work on behalf of THE PALESTINE MINING SYNDICATE LTD., who hold oil prospecting licences at the south end of the Dead Sea. It was while he was doing this work that he was murdered by bandits.

His contribution to our knowledge of the geology of Palestine will be his permanent monument.

S. H. SHAW, Government Geologist, Palestine, and

F. E. WELLINGS, Deputy Chief Geologist, Iraq Petroleum Co. Ltd.

BLAKE'S PUBLISHED WORKS

(1) **Geology and Water Resources of Palestiue.** Jerusalem, 1928, 51 p..

This was BLAKE's first publication on the geology of Palestine and appeared in 1928, after he had been six years in the country. It contains a summary of the principal stratigraphical, structural and hydrological features of the country and was accompanied by a geological sketch map in black and white of the country and of the western part of Trans-Jordan (Scale : 1/1.000.000).

(2) **The Mineral Resources of Palestine and Trans-Jordan.** Jerusalem, 1930, 41 p..

This work appeared in 1930 and, as its title indicates it, is principally concerned with the minerals to be found in these two countries. It contains summaries of the considerable amount of early work that was done on the Dead Sea brines before the establishment of the present producing company, of work carried out by the FUEL RESEARCH DEPARTMENT IN LONDON, and by other bodies, on the possibilities of utilising bituminous limestones, together with notes on the phosphate deposits of Palestine and Trans-Jordan. It was written before the discovery of the sulphur deposit at Gaza and therefore does not contain any reference to it.

(3) **The Stratigraphy of Palestine and its Building Stones.** Jerusalem, 1935, 133 p..

This work appeared in 1935 and, as its name implies, contains very full details of the stratigraphy of the country and mainly of the Upper Cretaceous rocks. It was accompanied by a black and white sketch map (Scale : 1/1000.000) and contains a section devoted to the classification of building stones, together with details of various tests on their physical properties. It also contains an account of the igneous rocks of the Akaba area and a brief description of the manganese and copper deposits of the Wadi Araba.

(4) **On the occurrence of marine Miocene in Palestine.** *Geol. Mag.*, Vol. LXXII, III 1935, pp. 140-142.

(5) **Old Shore Lines of Palestine.** *Geol. Mag.*, Vol. LXXIV, II 1937, pp. 68-78.

(6) **Report on Geology, Soils and Minerals and Hydro-Geological Correlations of Trans-Jordan** (incorporated in : Report on the Water Resources of Trans-Jordan and their Development, by M. G. IONIDES). London, Crown Agents for the Colonies, 1939.

A special hydrographic survey of the water resources of Trans-Jordan in 1938 and the publication of a report on this afforded an appropriate opportunity for setting out the considerable amount of geological information that BLAKE had accumulated regarding Trans-

Jordan geology over a period of years. Although Trans-Jordan was not entirely within his province, it was impossible for any geologist to make a proper study of Palestine geology without also studying that of Trans-Jordan, and BLAKE made a number of visits to that country for the purpose, in addition to visiting it from time to time and advising the Authorities there with regard to specific geological problems. This work contains the only geological map of Trans-Jordan that has so far been printed.

(7) **Geology and Water Resources of Palestine** by G. S. BLAKE and M. J. GOLDSCHMIDT. Jerusalem, DEPARTMENT OF LAND SETTLEMENT AND WATER COMMISSIONER, 1947, 413 p., 31 pl.

This work appeared in 1947. The geological parts of this publication of the DEPARTMENT OF LAND SETTLEMENT AND WATER COMMISSIONER contain a report left with the DEPARTMENT by BLAKE at the time of his murder in 1940 and hitherto unpublished. This report consists partly of a re-statement of observations made in: The Stratigraphy of Palestine and its Building Stones, and partly of new material, including a number of photographs.

LE QUATERNAIRE COTIER
DE LA RÉGION DE TRIPOLI (LIBAN)

PAR

RENÉ WETZEL et JEAN HALLER

Des dépôts quaternaires des environs de Tripoli ont été mentionnés déjà par M. Blanckenhorn (2, 3). En 1926, G. Zumoffen (4, p. 15) résume les connaissances acquises : à Batroûn, des sables et conglomérats reposant sur des grès durcis ; entre Râss Chekka et Qalmoûn, une terrasse formée de sables bien cimentés, à *Trochus*, *Pectunculus*, *Cardium*, etc. ; il décrit la basse plaine de Tripoli comme formée de grès calcaires et de conglomérats fournis par la Kadicha, et la plaine du Koûra comme couverte d'une puissante nappe de conglomérats.

Depuis, l'un d'entre nous a relevé, dans la carrière d'argile de la Cimenterie de Chekka, une première coupe, qui montre une plage marine de 14,50 m. d'altitude, recouverte par une dune, ensuite par des argiles, le tout venant buter contre le calcaire crétacé (37).

Le Quaternaire est particulièrement développé et varié dans la région de Tripoli. Nous nous sommes proposés de le décrire dans son ensemble et, autant que possible, d'en établir la chronologie. Les difficultés de l'heure n'ont pas permis une étude bibliographique poussée, aussi le poids de ce travail est-il porté sur le détail des observations plus que sur leur généralisation.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés dans cette étude : M. L. Dubertret, Chef du Service Géologique à Beyrouth, nous a encouragés à l'entreprendre et nous a guidés de ses conseils ; le regretté L. Launay et M. J. Jochem, Directeurs de la Raffinerie de Tripoli, nous ont donné des facilités de déplacement : M. M. Dunand, Directeur du Service des Antiquités, a daté des tessons se rapportant aux terrains étudiés ; le Dr. G. Haas et M. M. Avnimelech, de l'Université Hébraïque de Jérusalem, ont déterminé nos faunes quaternaires. M. A. Birembaut a bien voulu corriger nos épreuves d'impression.

RÉSUMÉ

Entre Batroûn et la plaine d'Aakkâr, un plateau néogène, doucement ondulé, longe le pied du massif libanais. Au-dessus de la côte, ce plateau se relève en une suite de collines anticlinales, qui tombent en abrupt sur des plaines côtières.

Les formations quaternaires y sont en relation avec des rivages échelonnés aux altitudes constantes de 95 m., 55/60 m., 45/50 m., 35 m., 15 m., 6 m. et 3 m.. Leurs témoins dans les baies sont des dépôts littoraux incrustés dans le substratum crétacé ou néogène, tandis que sur les caps, leur position est marquée par des paliers d'érosion surmontés de falaises.

La constance de l'altitude de ces lignes de rivage le long de la côte prouve que le pays n'a subi au Quaternaire que des mouvements d'ensemble verticaux.

A partir du niveau de 95 m. se manifestent deux époques pluviales principales ; la première, à formations alluvionnaires très importantes, précède le niveau de 45/50 m; la seconde, moins marquée, se situe entre les niveaux de 6 m. et de 3 m. L'intervalle entre ces deux époques pluviales est caractérisé par la grande extension des dunes.

Au fur et à mesure du retrait de la mer, l'Homme paléolithique a occupé les terrains qu'elle abandonnait. Les premières manifestations humaines observées précèdent immédiatement la première époque pluviale. Puis, sur les plages à Strombes, entre 15 m. et 6 m., se rencontrent des outils de la fin du Paléolithique ancien. Le Paléolithique moyen et supérieur et le Mésolithique sont en relation avec les dépôts de la seconde période pluviale.

I. — ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

La région étudiée s'étend entre la mer et le pied de la chaine principale du Liban, depuis Batroûn au Sud jusqu'à la plaine d'Aakkâr au Nord. Elle couvre ainsi une bande de 12 à 15 km. de large et longue d'une soixantaine de kilomètres, ayant à son centre la ville de Tripoli.

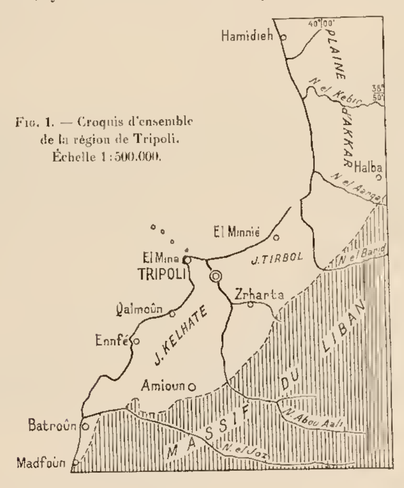


Fig. 1. — Croquis d'ensemble de la région de Tripoli. Échelle 1 : 500.000.

Cette région se divise en deux zones naturelles, allongées parallèlement à la côte (fig. 1).

1. — Le plateau de Zrharta, de 100 à 300 m. d'altitude, doucement plissé, s'appuie à l'Est contre la relombée des calcaires crétacés moyens du haut massif libanais; du côté mer, il se relève en une file de collines

anticlinales, qui tombent en abrupt sur des plaines côtières. Les reliefs les plus marquants de cette ligne anticlinale sont le Jebel Kelhâte (420 m.), le Jebel Tirhol (680 m.) et les collines de Halba (300 m.). La forme générale du plateau de Zrharta est ainsi celle d'une cuvette à fond plat. Sur toute sa longueur, ce plateau conserve le même caractère géographique : paysage d'olivettes parsemé de villages, encadré de toutes parts de collines calcaires plus ou moins arides.

La géologie de cette région a été établie dans ses grandes lignes par A. Keller (12, p. 157), L. Dubertret (39) et F. Roman (24). Ils ont signalé une série néogène composée de calcaires massifs helvétiens, de marnes et calcaires lacustres pontiens et d'une molasse plaisancienne, passant par indentation à un paysage basaltique (fig. n° 3, 4).

Le domaine des marnes et calcaires lacustres se situe aux alentours de Halba, dans le Nord de notre région. Nous avons signalé que ces dépôts d'eaux calmes ont, dans le plateau de Zrharta, pour équivalent, des conglomérats grossiers. Ceux-ci représentent les déjections de grands torrents pontiens. Ils sont particulièrement développés au débouché des grandes vallées actuelles, lesquelles sont donc le résultat d'une érosion remontant jusqu'au Pontien au moins (43).

D'autres conglomérats, représentant vraisemblablement le Villafranchien, terminent, près du Tell Arka, la série pliocène (43).

Nous trouverons les conglomérats pontiens et pliocènes en contact avec les conglomérats quaternaires; leur distinction sera difficile, voire impossible parfois, car ils sont tous formés par les mêmes matériaux.

Dans son ensemble, le plateau de Zrharta a un léger pendage vers le Nord, en sorte que le Crétacé supérieur, marneux, blanc, se dégage à son extrémité méridionale, tandis que vers le Nord se succèdent un à un les divers termes de la série néogène : calcaire miocène, marne et conglomérat pontiens, marne sableuse pliocène, basalte de la trouée Tripoli-Homs.

Le calcaire miocène forme un petit plateau à quelque distance au Sud du plateau de Zrharta, au-dessus du Râss Chekka.

2. La Bordure Littorale est divisée par des caps en une suite de plaines basses :

plaine de Batroûn, de 1 à 2 km. de largeur, rectiligne, comprise entre Madfoûn et Râss Qoubba.

— baie de Chekka, entre le plateau de Râss Chekka et la retombée du Jebel Kelhâte au Râss en Natour,

— vaste plaine triangulaire d'El-Mina, face à la dépression qui sépare les Jebel Kelbide et Tirbol ; elle se prolonge en mer par une suite d'ilots,
— plaine d'El-Minnié,
— plaine d'Aakkar, sillonnée par les cours d'eau descendus du versant Nord du massif libanais ainsi que de la montagne Alaouite Nahr el Aarqa, Nahr el Ostuène, Nahr el Kébir, Nahr el Abrache.

Ces plaines se prolongent en mer par une marge s'enfonçant doucement jusqu'à l'isobathe de 50 m. environ; au delà les fonds s'approfondissent brusquement (7).

II. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES VESTIGES QUATERNAIRES

Le Quaternaire est représenté dans notre région par des roches très variées, qui consistent, selon la disposition topographique locale et la nature lithologique du soubassement, en sédiments surtout détritiques, grossiers, apportés par la mer, les eaux courantes ou le vent, ou en produits d'altération superficielle, sols décalcifiés, croûtes de pays arides, etc. Par endroits, ainsi sur les caps rocheux, n'en subsistent que de très petits lambeaux, parfois même ils sont complètement érodés ; dans ce cas, la configuration des côtes, leurs abrupts tombant sur des paliers d'érosion plus ou moins larges témoignent bien souvent des diverses étapes de l'histoire du Quaternaire.

A. — *DÉPOTS LIÉS A LA MER*

Ce sont les plus caractéristiques ; on les trouve bien développés dans les plaines littorales ainsi que sur le bas des pentes du plateau néogène. Ils sont essentiellement sableux et formés de dunes mouvantes ou fixées par cimentation, et de dépôts de plages. Le vent a chassé les dunes vers le NE des baies et plaines côtières ; elles grimpent là les versants jusque bien au-dessus du niveau des plages qui leur ont donné naissance.

Plages et dunes actuelles.

Comme type de ces complexes gréseux, nous prendrons la grande *plage sableuse de Bahsas-Tripoli* et son arrière-pays de dunes ; pays sableux, plat, dépassant à peine le niveau de la mer.

On y distingue une zone sableuse constamment immergée ; puis un liseré de sables de plage, d'une centaine de mètres de largeur, assez uni, parce que balayé par la mer de façon intermittente : sa limite est marquée par les apports grossiers rejetés par gros temps ; au delà commence le paysage dunaire.

Les sables de ces trois zones se différencient de la façon suivante :

— *Sables marins immergés :* prédominance de débris organiques de 1 à 5 mm. : Bryozoaires, Algues, Polypiers, coquilles de Mollusques, etc. : de plus Foraminifères : *Rotalia, Elphidium, Triloculina,* etc.

quartz de granite en grains arrondis de 0,4 à 1 mm.

grains basaltiques plus fins.

— *Sables de plage :* disparition progressive des gros débris, prédominance de grains de 0,4 à 1 mm.

lentilles de graviers.

strates plates.

— *Sables de dune :* prédominance de grains de 0,4 à 1 mm. ; plus grande proportion de grains de moins de 0,4 mm.

quartz en grains à angles émoussés et fines écaillures brillantes.

la proportion des grains calcaires diminue de 2/3 à 1/2 de la plage vers l'intérieur.

stratification en voûtes.

Les sables grossiers à éléments calcaires d'origine organique se trouvent donc surtout dans la mer, tandis que les sables éoliens, plus fins ont une forte proportion de quartz de granite.

En longeant la côte, on observe un enrichissement du sable en quartz et en grains basaltiques au Nord des embouchures des rivières dont les bassins d'alimentation englobent des zones du Crétacé inférieur et du Jurassique. Comme d'autre part les courants marins remontent les côtes du Sud au Nord, il en résulte que les grains de quartz et de basalte des grès quaternaires n'ont pas une origine lointaine, comme on aurait pu le supposer, mais qu'ils sont fournis par les grès néocomiens et aptiens et par les terrains volcaniques jurassiques à crétacés moyens du Liban.

Plages et dunes fossiles.

Depuis le début du Quaternaire, des plages et dunes se sont développées sur la côte libanaise, comme aujourd'hui. Les dépôts anciens se distinguent de leurs équivalents actuels par leur cimentation, qui en fait une roche consistante, ainsi que par leur position surélevée par rapport au niveau actuel de la mer.

Le ciment peut consister en simples apophyses entre les grains de sable ou les galets, ou aller jusqu'à un remplissage de tous les interstices. Il est plus ou moins développé, selon les circonstances locales. La cimentation a été parfois fort rapide, puisqu'un cordon de grès grossiers en bordure de la plage d'El-Mina emballe des tessons de poteries romaines et que certains grès compacts englobent même des tuiles modernes et des boîtes de conserves.

Les *grès dunaires* se distinguent des *grès de plage* par leur stratification en voûtes et par la morphologie de leurs grains.

En relation avec les dépôts de plage anciens, on rencontre des sédiments franchement marins, tels que des calcaires gréseux à Algues ou autres organismes, dont les équivalents actuels ne peuvent pas être observés, parce qu'ils sont noyés dans la mer.

Toutes ces variétés de grès sont communément utilisées pour le bâtiment, les clôtures de jardins, etc. sous le nom de *ramleh*.

Les plages ou dunes anciennes ont leur plus important développement dans les criques et baies. Les niveaux de plage, généralement étroits, reposent sur une plate-forme d'abrasion marine doucement inclinée vers la mer; leur surface subhorizontale leur donne l'aspect de terrasses; elles sont étagées à des altitudes bien définies au-dessus du niveau de la mer : d'où leur nom de *plages soulevées* ou de *terrasses marines*.

Il n'en subsiste généralement que des restes minimes sur les saillies rocheuses de la côte; mais leur niveau reste marqué alors par les *paliers* d'abrasion marine. Les paliers étroits seront appelés des *trottoirs*. A partir d'un palier, le versant s'abaisse d'abord doucement vers la mer, puis il tombe en abrupt ou falaise sur le palier suivant.

Nous définirons l'altitude d'une plage soulevée ou d'un palier rocheux par la cote de la ligne de contact de leur surface, doucement inclinée, avec le versant généralement plus abrupt de la montagne (1).

A partir des plages soulevées, des dunes ont remonté les versants. Mais ces dunes se fondent en un système dunaire unique avec celles qui se sont développées pendant la régression immédiatement consécutive et qui non seulement recouvrent le niveau de plage, mais même se développent vers l'aval au-dessus de la plate-forme d'abrasion marine. Ces *dunes de régression* ont parfois été entaillées par le prochain niveau de plage situé en contrebas, grâce à quoi une distinction peut alors être établie, entre les dunes des plages successives.

Par *niveau marin de cote x*, nous entendrons la formation de plage de cote x ainsi que le système dunaire qui en fait partie et se développe aussi bien vers l'amont que vers l'aval, jusqu'à la falaise taillée par le prochain niveau marin en contrebas.

(1) Les altitudes ont été déterminées soit au moyen de la carte au 1 : 50.000, dont l'équidistance des courbes de niveau est de 10 m., soit à l'aide d'un altimètre et d'une boussole à clinomètre; au voisinage immédiat de la mer nous avons utilisé le mètre.

Le ramleh, sous l'effet de la pluie, subit une décalcification analogue à celle qui produit les karsts des pays calcaires : sa surface est creusée de cheminées profondes de 2-3 m. et se recouvre de sols rouges violacés, du type des sols rouges méditerranéens. Ceux-ci sont formés de grains de quartz et de basalte et d'une masse terreuse rouge. L'examen d'une série d'échantillons a montré qu'ils sont légèrement acides, d'un pH allant de 7,2 à 7,4.

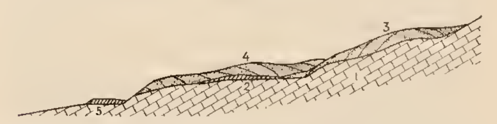


Fig. 2. — Schéma d'une plage soulevée et de ses dunes. La dune, qui monte le versant à partir d'une plage soulevée, se fond avec la dune formée pendant la régression consécutive ; elle se distingue souvent des dunes ultérieures (2), parce qu'elle est taillée en falaise au-dessus du palier d'abrasion du niveau marin suivant situé en contrebas.

Le long des côtes et dans les grottes, les sols rouges peuvent être cimentés et transformés en une roche compacte à cassure lithique, probablement par pénétration d'eaux calcaires. Ainsi se sont formées des brèches préhistoriques à ossements et silex.

B. — *DÉPOTS D'ORIGINE ALLUVIALE*

Les grandes vallées de la montagne, Nahr Abou Ali et Nahr el Barid, ont déversé leurs alluvions sur le bas-pays néogène de Zgharta et de Halba, dès le Néogène et jusqu'à aujourd'hui. Transformées en grande partie en conglomérats, ces alluvions ne se différencient pas par la nature de leurs blocs. Ceux-ci sont fournis par les formations calcaires, gréseuses et basaltiques du Crétacé et du Jurassique de la montagne.

La décalcification a agi sur ces conglomérats en laissant à leur surface un résidu de *terre rouge* emballant des galets de grès, de silex et de basalte, de même acidité que les sols rouges formés au-dessus du ramleh. Ce manteau terreux, origine de la fertilité du plateau de Zgharta, est épais surtout au centre des dépressions occupées par les conglomérats ; par places il déborde sur les calcaires voisins et en remplit des poches de dissolution.

Une *terre alluviale noire* se trouve accumulée à la limite des cordons dunaires et des versants montagneux. Elle contient des grains de quartz

arrondis et anguleux de 0,25 à 0,50 mm. de diamètre, des éclats calcaires et de silex. Elle est moins siliceuse et plus calcique que les sols rouges de décalcification ; sa réaction est franchement alcaline, le pH étant de 8,4 à 8,6.

Les pédologues expliquent la couleur foncée de ces terres par la présence d'humus dissous, alors que dans les sols rouges celui-ci serait oxydé du fait du lessivage des alcalis et alcalino-terreux et des conditions de température.

Nous pensons devoir attribuer à un remaniement tout à fait local, par les eaux de ruissellement, une couche très spéciale de marnes sableuses consistantes, très fines, jaune pâle à grisâtre, que l'on trouve dans les creux de la mollasse pliocène. Sur toute son épaisseur de 1 à 2 m., se trouvent des Gastéropodes pulmonés, qui la différencient de la molasse pliocène marine sous-jacente. [1]

3. — Croutes d'altération superficielle. Des croûtes grises couvrent les surfaces à substratum marneux sénonien (Chekka), miocène (Qalmoun) ou pliocène (Bebnine). Elles épousent tous les mouvements du terrain et ne sont entaillées qu'au passage des vallées récentes, où elles apparaissent en coupe, sur 2 à 3 m. de hauteur. Leur couche superficielle forme une carapace compacte ; au-dessous, elles ont l'aspect crayeux, parfois rubanné ; plus bas encore, elles emballent des blocs du soubassement. Faciles à tailler en carrière et durcissant à l'air, les croûtes servent dans le bâtiment sous le nom de *narieh*.

La différence de constitution pétrographique entre le soubassement et les croûtes fait apparaître celles-ci comme un produit d'exsudation lié aux marnes. Elles débordent aussi sur les surfaces immédiatement voisines, où ont été entraînés des produits d'altération des marnes ; à Qalmoun, elles débordent des marnes sur les conglomérats adjacents.

Dans notre région côtière, relativement humide, les croûtes n'ont pas le degré de cimentation qu'elles atteignent dans les pays arides à l'Est des massifs côtiers, où elles forment des bétons compacts très durs, silico-calcaires, de couleur rougeâtre (39).

[1] Un dépôt analogue a été trouvé dans les mêmes conditions en Palestine et décrit comme *loess-like sediment* (23, p. 33).

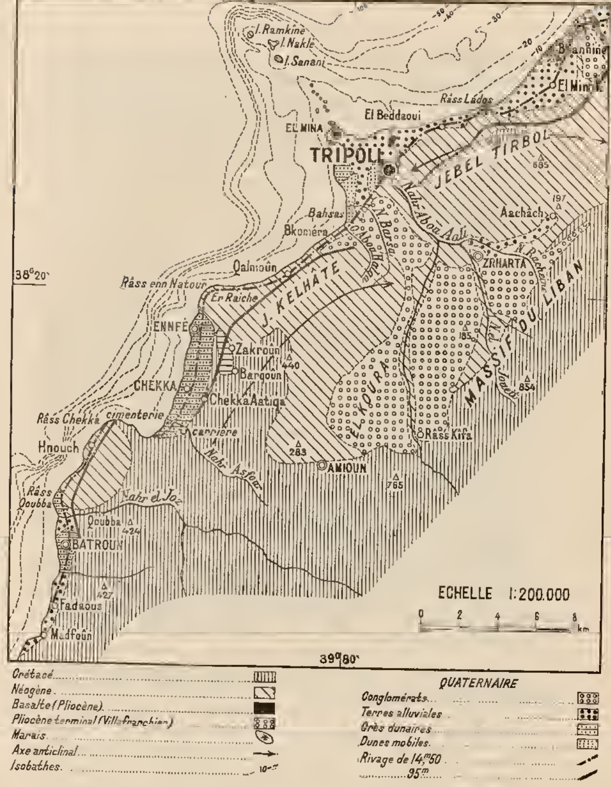


Fig. 3. — La bordure néogène et quaternaire du massif du Liban depuis Batroûn jusqu'au Nahr el Barid, au Nord de Tripoli.

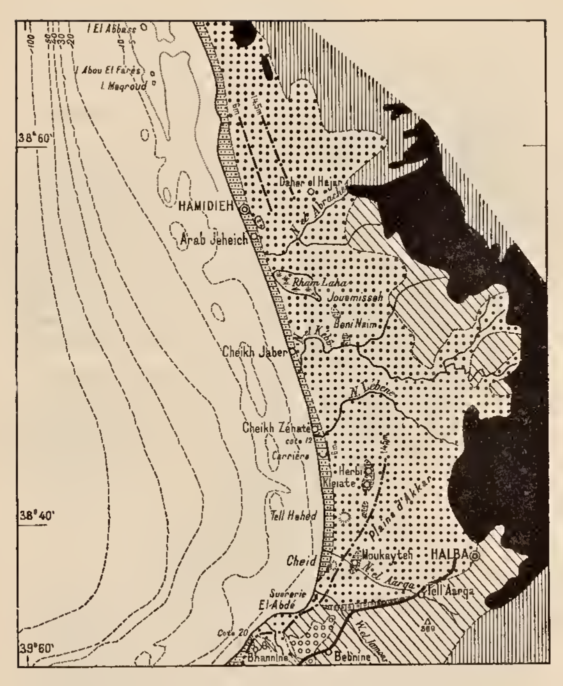


Fig. 4. — La plaine d'Aakkâr et son cadre de basses collines
Cette figure fait suite, au Nord, à la figure 3. Même légende.

III. — DESCRIPTION RÉGIONALE

Comme nous l'avons dit, le développement du Quaternaire est commandé par la configuration de la côte.

Au Sud de Tripoli, celle-ci est abrupte. Dans le bas des versants ne restent incrustés que d'étroits cordons de plages soulevées, souvent recouverts par des dunes; quelques alluvions se sont fixées dans les plaines côtières. Dans cette région, la baie de Chekka, encadrée par les versants calcaires miocènes du Râss Chekka et du Jebel Kelhâte, montre le plus clairement et de la façon la plus complète la succession des plages et des dunes: nous tirerons de son étude la coupe type des dépôts quaternaires liés à la mer.

Dans la large cuvette synclinale de Zrharta, notre attention sera retenue surtout par les nappes d'alluvions torrentielles: nous situerons celles-ci par rapport à la succession des niveaux marins et aussi par rapport à la chronologie préhistorique.

La basse plaine de Tripoli nous fournira le témoignage d'une transgression marine jusqu'à environ la cote 3, pendant les temps historiques.

Enfin, au delà et jusque dans la plaine d'Aakkar, nous trouverons une confirmation des conclusions relatives aux régions méridionales: mêmes niveaux de plages soulevées, mêmes caractères des nappes d'alluvions torrentielles.

A. — *PLAGES SOULEVÉES ET DUNES AU SUD DE TRIPOLI*

1. La baie de Chekka-Ennfé

Entre le Râss Chekka et Ennfé, l'érosion a largement déblayé les calcaires miocènes, lesquels devaient jadis longer la côte de façon continue depuis Tripoli jusqu'à Beyrouth; elle a entamé, au-dessous, des marnes blanches tendres, qui se rangent dans l'Éocène et le Crétacé supérieur (détermination de F.R.S. Henson), jusqu'à atteindre les calcaires compacts du Crétacé moyen.

Dans la marne tendre, les terrasses marines se sont déposées en pente douce sur une largeur de plusieurs centaines de mètres; lors des régressions, elles ont été recouvertes de dunes avant d'avoir été détruites par érosion; puis, les ravins ont creusé leurs sillons à travers le complexe de terrasses et de dunes, en laissant intacts de larges lambeaux, car aucun cours d'eau majeur ne traverse la baie.



Fig. 5. — La Baie de Chekka-Ennfé. Échelle 1 : 50.000

Dans le Nord de la baie, entre Ennfé et Zakroun, les terrasses marines s'étagent en une suite complète, depuis 95 m. jusqu'au niveau de la mer. Nous les décrivons dans l'ordre de leur genèse.

Niveau de 95 m.

Près de Zakroun, une plage contourne, à 95 m., une butte senonienne qui la surplombe en abrupt de 2 à 3 m. (Pl. I, fig. 1).

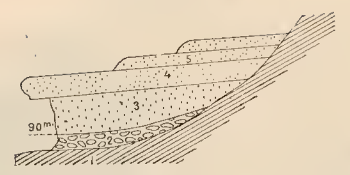


Fig. 6. — Zakroun, Coupe détaillée du niveau de 95 m Échelle 1 : 200.

(5) ramleh dunaire en fines strates entrecroisées.

(4) banc de ramleh coquillier fin, dur, 1 mètre.

(3) fine brèche coquillière de plage, essentiellement constituée de moules cristallisés de Bivalves et de Gastéropodes (*Monodonta* sp.), mêlés à des grains de silex et de calcaire de 1 à 3 mm. Par endroits, ce niveau passe à un véritable calcaire à Algues (*Lithothamnium*). Localement, lentilles gréseuses à grains de quartz et rares grains noirs beaucoup plus fins. Dans les deux cas, ciment de calcite blanchâtre ou jaunâtre, 2 m.

(2) poudingue de base, à galets de silex bien ronds de 5 à 20 mm., parfois de 40 mm., enrobés de calcite et de marne empruntée au soubassement. Très rares galets de basalte. 0,50 m.

(1) substratum marneux sénonien et éocène, redressé.

A quelque distance au Sud de cette coupe, le niveau de plage (3), pincé entre le substratum marneux et la dune fixée, se raccorde vers l'amont à un conglomérat fluviatile, épais de 2 à 3 m., qui se poursuit jusqu'à environ 130 m. d'altitude, où il se termine au débouché de ravins profonds et nus, taillés dans la marne. Le ramleh dunaire, d'autre part, épais de plus de 25 m., remonte le versant de Barqoun jusqu'à la cote 158, à 1 kilomètre de distance de son rivage, en recouvrant par endroits le conglomérat fluviatile.

Au Nord de Zakroun, la plage de 95 m., surmontée de sa dune, est incrustée dans le calcaire miocène. La plate-forme d'abrasion sous-jacente descend vers la mer, recouverte sur toute sa largeur par une dune fixée qui prolonge vers le bas, sans discontinuité, la dune précédente. Au point où la plate-forme atteint la cote 80, elle est coupée, ainsi que la dune, par une falaise qui donne sur un palier à 60 m. On voit la dune reposer là directement sur le calcaire miocène (fig. 15).

Niveau de 60 m.

Dans le ravin de Barqoun, repose sur le substratum marneux un étroit lambeau de ramleh grossier, coquillier, à graviers de silex bien roulés ; épaisseur : 0,50 m. Une croûte crayeuse bréchique couvre ce lambeau.

Au Nord de Zakroun, le rivage de 60 m. est marqué par un large palier, recouvert par une dune, qui remonte le versant sans discontinuité visible à partir d'environ 45 m. ; aucune dune ne semble se détacher directement du niveau de 60 m.

Niveau de 45 m.

Il est représenté, dans le ravin de Barqoun, par une formation de plage et des dunes (fig. 7) ; puis, à l'Est du Râss en Natour, au pied d'un abrupt de 1-2m. taillé dans le calcaire miocène, par des lambeaux de grès de plage à *Conus mediterraneus* Brug., *Cypraea* sp., *Mitra* ?

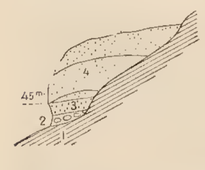


Fig. 7. — Ravin de Barqoun. Coupe détaillée du niveau de 45 m. Échelle 1 : 200.

(4) ramleh dunaire, terminaison d'une dune, qui à l'Ouest du ravin repose directement sur le substratum marneux 3 m.

(3) ramleh coquillier marin 0,50 m.

(2) poudingue marin à galets aplatis de 2 à 20 mm. constitués de calcaire, de silex et de ramleh dunaire 0,50 m.

(1) substratum marneux.

Niveau de 35 m.

Il existe tout au long de la baie de Chekka et apparait chaque fois que le grès dunaire qui le surmonte est suffisamment entamé par l'érosion (fig. 8).

Du pied des escarpements calcaires du Jebel Kelhâte descend vers Ennfé un grès dunaire, compact, jusqu'à la cote 10; là il s'interrompt au-dessus d'un autre grès dunaire plus tendre. Sous celui-ci, est visible, dans le Nord, une plate-forme d'abrasion marine, touchant le versant à la cote 35. De plus, entre la plate-forme et le grès dunaire apparaissent des lambeaux de grès marin grossier, coquillier, à *Cardium edule* L., *Pectunculus* sp., ou de calcaire gréseux grenu, à éléments calcaires de 1-2 mm., fragments de Gastéropodes et Lamellibranches, Foraminifères (Miliolidés, Péneroplidés), grains

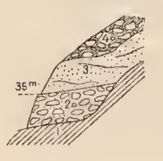


Fig. 8. — Chekka Aatika. Coupe détaillée du niveau de 35 m. Échelle 1 : 200.

(4) brèche de pente à fragments de marne ; ciment sableux encroûté ;

(3) ramleh dunaire, 1 à 2 m.

(2) ramleh grossier à Gastéropodes et galets de silex, 1 m.

(1) marne sénonienne et éocène.

de quartz de 0,50 à 1 mm. et rares grains noirs plus petits. Au débouché des ouadis sur la plaine, ce niveau passe à des poudingues.

Niveau de 15 m.

A Enfé, la plate-forme d'abrasion du rivage de 35 m. et la dune qui le recouvrent descendent doucement vers le SO, en direction de la mer, jusqu'en un point où elles sont coupées par une falaise au pied de laquelle se trouve le rivage de 15 m. Cette coupure met à nu, au-dessous de la dune, la plate-forme d'abrasion du niveau de 35 m., taillée ici dans le calcaire miocène. Vue de face, on la voit descendre doucement du Nord au Sud, de la cote 18 jusqu'au-dessous du rivage de 15 m.

Dans le tronçon Nord, le rivage de 15 m. se trouvait donc face au calcaire miocène : il y a taillé un trottoir et au-dessus des niches peu profondes (Pl. 1, fig. 2).

A quelque distance au Sud, ce rivage se trouvait juste à la hauteur de la plate-forme d'abrasion du niveau de 35 m. Les niches creusées là dans la dune tendre sont plus larges et profondes et contiennent des paquets de galets de calcaire et de ramleh. Quelques-unes des plus importantes sont partiellement comblées de brèches ossifères, à silex taillés, Hélix, Cyclostomes.

Plus au Sud, à la station de chemin de fer d'Enfé, le niveau de 15 m. s'emboîte dans la dune de régression du niveau de 35 m. Contre lui se termine en biseau une dune, qui descend jusqu'à la côte et se prolonge sous mer, où on la voit, par temps calme, jusqu'à quelques centaines de mètres du rivage.

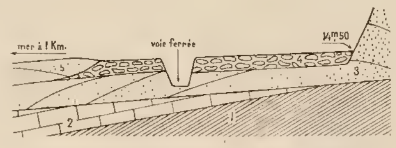


Fig. 9. — Station d'Enfé. Coupe du niveau de 15 m. Échelle 1 : 500.

(5) dune fixée recouvrant le niveau de 15 m.

(4) ramleh grossier, à *Pectunculus violascens* Lmk., *P. pilosus* L., *Spondylus gaederopus* L., *Strombus bubonius* Lmk, *Conus mediterraneus* Brug., galets de calcaire et de silex de 1 à 4 cm., blocs plus ou moins roulés de ramleh dunaire.

(3) dune de régression du niveau de 35 m.

(2) calcaire miocène.

(1) marne sénonienne et éocène.

Divers horizons sont accompagnés d'industries lithiques dont les plus marquantes sont le Levalloisien sur la plage de 15 m. et le Paléolithique supérieur et le Mésolithique à partir d'une coupure entre des sols rouges et des argiles noires.



FIG. 10. — Carrière à 1 km. au N.E. de Chekka Jdidé. Coupe de détail du ramleh et des sols sus-jacents. Échelle 1 : 200.

(5) terres noires : quelques mètres.

(4) sable et ramleh dunaire : 2 m.

(3) sol rouge à silex moustériens.

(2) ramleh dunaire.

(1) substratum sénonien, visible au fond des ouadis.

Dans le Sud de la baie de Chekka, nous atteignons dans une carrière de cimenterie, un niveau marin de 14,50 m., déjà signalé par l'un de nous (37).

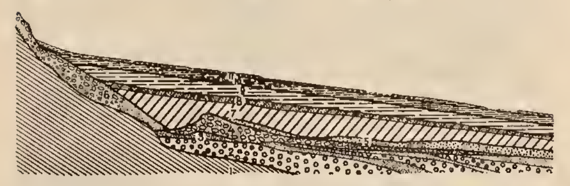


FIG. 11. — Carrière d'argile de la cimenterie de Chekka. Coupe détaillée du niveau de 14,50 m. et des alluvions sus-jacentes. Échelle 1 : 500.

(11) sol actuel : 0,40 m. Poteries et silex énéolithiques.

(10) argile grise : 1 m.

(9) terre noire alluviale 1,50 m. Silex mésolithiques ou paléolithiques supérieurs.

(8) Cailloutis (ancien sol, arrêt alluvionnaire) ; 0,40 m. Silex paléolithiques supérieurs et moustériens.

(7) argile brune : 2-4 m. Moustérien.

(6) limons de pente. Moustérien.

(5) concrétions sableuses. Silex levalloisiens.

(4) poudingue marin (cordon littoral) 1-2 m. Quelques bifaces levalloisiens.

(3) lambeaux de ramleh dunaire, peu épais.

(2) grès de plage s'appuyant contre le versant rocheux à 14,50 m. ; plusieurs mètres.

(1) substratum marneux.

Cette coupe diffère de la précédente par la substitution d'une terre brune (horizon n° 7) au sol rouge, et de cailloutis (horizon n° 8) au grès dunaire supérieur. Le premier point s'explique par la proximité du versant rocheux, dont les constants apports ont empêché la formation de sol rouge.

La plage de 15 m. descend vers la mer jusqu'à une falaise qui donne sur un palier de 6 m. Elle marque une terrasse qui, de 10 m. au Sud de la cimenterie, s'abaisse jusqu'à 7 m., à 1 kilomètre au Nord, près du Nahr Asfour, puis disparait sous sa dune de régression.

Niveau de 6 m.

Le trottoir de 15 m. tombe à Ennfé sur une plate-forme d'abrasion à la cote 6. Celle-ci est recouverte par une dune qui vient d'au-dessous du niveau de la mer. Des plongeurs ont reconnu là du ramleh dunaire jusqu'à 10 m. de fond.

Du grès marin, avec galets et nombreux *Strombus bubonius* LMK affleure sur une large surface au Nord du village de *Chekka Jdidé*; on le voit plonger sous la mer, d'un côté, et de l'autre, passer à un grès dunaire; la limite du domaine maritime, à la cote 6 m., est marquée par une accumulation de *Pectunculus, Venus, Cardium, Mactra, Donax, Buccinum*, etc.

Dans le lit des torrents est visible, jusqu'à la cote 2, le support de la dalle de grès : un grès apparement dunaire, dont les fines strates sont recoupées par la plate-forme d'abrasion, ce qui témoigne d'une régression jusqu'à la cote 2 immédiatement avant que la mer ne vienne à la cote 6.

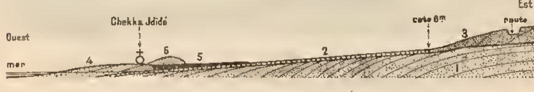


FIG. 12. — Chekka Jdidé. Coupe du niveau de 6 m. Échelle 1 : 1.000.
(6) dune actuelle; environ 6 m.
(5) terre noire alluviale: 2 à 3 m.
(4) dune fixée régressive du niveau de 6 m. : 5 m.
(3) dune fixée prolongeant le niveau de 6 m. : 10 m.
(2) grès de plage à Strombes et galets: 1 à 2 m.
(1) grès de plage ou grès dunaire.

Dans la partie méridionale de la baie de Chekka, le niveau de 6 m. est souvent masqué, comme celui de 15 m., par des grès dunaires; les dépressions de la surface dunaire sont tapissées de sols rouges de décalcification surmontés de terres argileuses noires.

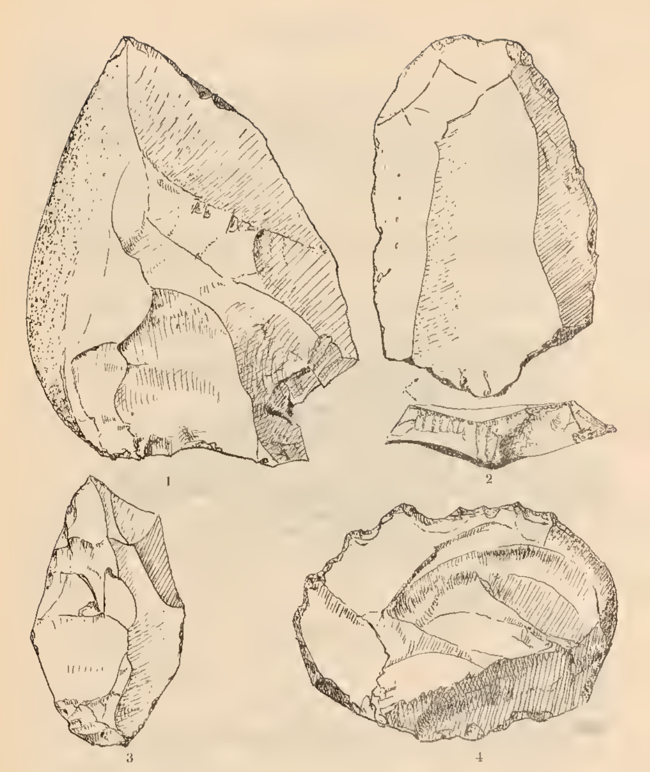


Fig. 13. — Baie de Chekka. Silex du type levalloisien provenant de la plage de 15 m. 1, éclat levalloisien ; 2, éclat et son plan de frappe facetté ; 3, éclat ovalaire ; 4. racloir épais. 1, 2, 4 Chekka ; 3, Batroûn. Grandeur naturelle.

Rivage actuel.

Il est fait, entre la cimenterie et Chekka Jdidé, c'est-à-dire dans la zone d'embouchure du Nahr el Asfour, d'une plage sableuse à galets ; au delà, jusqu'à Enfé, où la dune du niveau de 6 m. descend dans la mer, celle-ci est entaillée d'un palier surmonté d'une petite falaise.

Une dune actuelle forme une butte à Chekka Jdidé, au-dessus du grès dunaire qui porte le village.

Une *vue d'ensemble* de la baie de Chekka, de ses lignes de rivage et de leurs dunes est donnée par le bloc-diagramme fig. 14 et la coupe fig. 15.

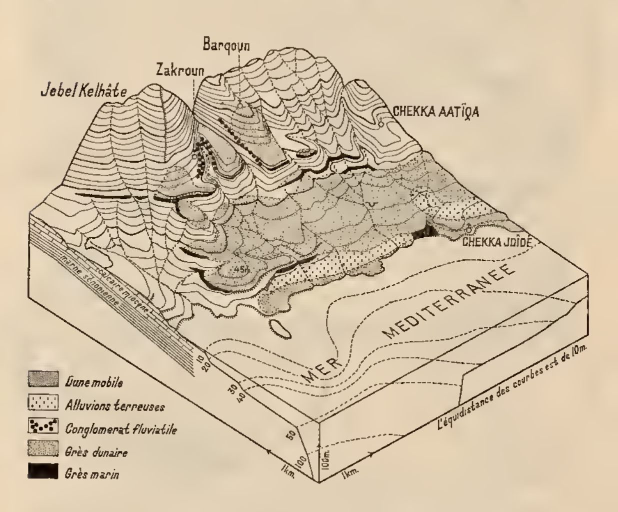


FIG. 14. — Lignes de rivage etagées et dunes de la baie de Chekka-Enfé.
Échelle 1 : 50.000

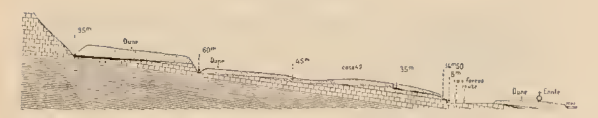


Fig. 15. — Coupe schématique de l'ensemble des plages soulevées et des dunes de la baie de Chekka. Échelle 1 : 15.000.

— Plage de 95 m. Dune remontant les versants jusqu'à 150 m., soudée avec la dune de régression en un complexe unique.

— Plage de 60 m. Marquée seulement par un palier taillé dans le substratum miocène, en contrebas du complexe dunaire antérieur ; ce palier est recouvert par une dune venue d'un niveau plus bas.

— Plage de 45 m. Même disposition ; le palier taillé dans le calcaire miocène est recouvert de grès dunaire.

— Plage de 35 m. Grès grossier de plage recouvert de grès dunaire lequel se soude vers l'amont à la dune du niveau de 45 m. La plage est recoupée par une falaise tombant sur le niveau de 14,50 m.

— Plage de 14,50 m. Trottoir bordé de niches de sapement. N'a pas produit de dunes.

— Plage de 6 m. Large palier plongeant doucement sous la mer et recouvert d'une dune partie d'un niveau inférieur à celui de la mer.

La corniche calcaire du *Râss Chekka* est taillée en palier aux altitudes des plages soulevées de la baie de Chekka.

Au-dessus de *Hnouch*, ils sont très bien marqués à 55/60 m., 35 m. et 15 m. ; le palier de 6 m. existe vraisemblablement sous les alluvions de la plaine côtière, car on le retrouve aux approches du Râss Qoubba.

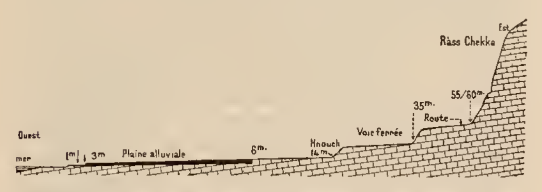


Fig. 16. — Hnouch. Succession de paliers sculptés dans la corniche calcaire miocène. Échelle 1 : 5000.

Au Râss Qoubba, les gradins taillés dans le calcaire sont recouverts d'un système complexe de dunes rappelant, en partie, celui d'Ennfé : palier de 35 m. et sa dune de régression ; palier de 6 m. et sa dune de régression s'enfonçant dans la mer, sol sableux rouge comblant les dépressions de cette dune, dune actuelle. Le niveau de 15 m. n'est pas visible.



Fig. 17. — Rass Qoubba. Coupe des paliers et des dunes fossiles. Échelle 1 : 5.000.

(7) dune mouvante butant contre la falaise qui surplombe le niveau de 6 m.

(6) sable argileux rouge violacé, cimenté par endroits. *Helicella* sp., *Cyclostoma elegans* Mull., *Helix cavata* Moux.

(5) dune fossile du niveau de 6 m. ; elle plonge sous la mer.

(4) palier du niveau de 15 m.

(3) dune régressive du niveau de 35 m.

(2) calcaire miocène.

(1) marne éocène et sénonienne.

Le paysage calcaire miocène, abrupt, fait place, au Sud du Râss Qoubba, à une étroite plaine côtière à soubassement marneux sénonien. *Le Nahr el Joz* suit la limite des deux régions.

Dans la retombée des calcaires miocènes sur cette rivière, se trouve, en contrebas du palier de 35 m. et de sa dune, à l'altitude de 15-16 m., un niveau de 3 à 4 m. d'épaisseur, formé d'indentations de grès littoraux et de conglomérats fluviatiles ; au-dessous pointe le soubassement marneux. Un lambeau de grès dunaire recouvre en partie cet intéressant niveau, qui n'a pu se former qu'à proximité du rivage. Même tableau sur la rive opposée du Nahr el Joz : le niveau de plage se prolonge là vers l'amont, sur 2 km., par une terrasse fluviatile. Vers son embouchure le Nahr el Joz s'encaisse dans ces formations.

Au Sud de Batroûn, des alluvions masquent en grande partie les plages soulevées et leurs dunes. La pierre à bâtir a dû être exploitée au-dessous des alluvions, en carrières profondes. L'une d'elles, près de la ville, a percé la couche de grès dunaire et mis à nu, au-dessous, la plage de 15 m., ici riche en *Strombus bubonius* Lmk (fig. 19). Plus près de la mer, le grès dunaire se dégage d'au-dessous des alluvions, puis il plonge sous l'eau. Il correspond, dans son ensemble, à la dune de régression du niveau de 6 m., mais sa partie haute pourrait faire partie aussi de celle du niveau de 15 m.

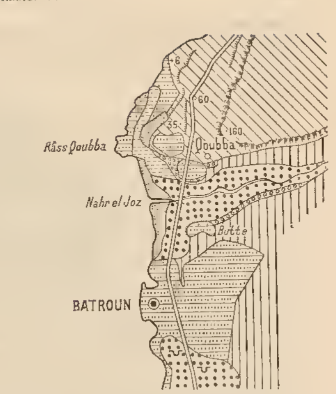


FIG. 18. — Région de l'embouchure du Nahr el Joz et de Batroun.
Échelle 1 : 50.000.

A *Fadaous*, la plage de 6 m. se dégage le long de la côte, sous une épaisse terrasse alluviale (fig. 20).

Le grès de plage, niveau (3) de cette coupe, passe, vers l'embouchure du torrent de *Madfoûn*, à un cône de déjection. Les alluvions terreuses, niveaux (5) et (6) correspondent à un remblaiement dont nous retrouvons les traces à travers toute notre région après le niveau de 6 m. Leur dépôt ne s'est pas poursuivi jusqu'à nos jours, car les surfaces qu'elles couvrent sont séparées

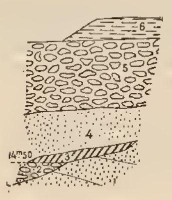


FIG. 19. — Carrière de ramleh au Sud de Batroun.

(6) terre noire 6 m.

(5) alluvions mêlées de terre rouge 3,60 m.

(4) grès dunaire exploité pour le bâtiment 3-6 m.

(3) lentille d'argile rouge contenant des silex levalloisiens.

(2) cordon littoral à paquets de *Strombus bubonius* LMK, *Conus mediterraneus* BRUG., cote 15 m.

(1) ramleh de plage.

des versants montagneux par des ravins et ne peuvent donc recevoir d'apports nouveaux.

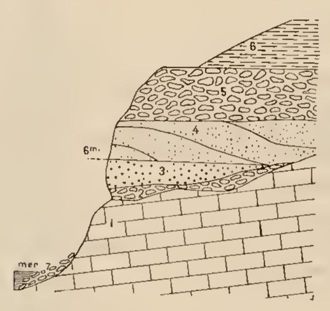


Fig. 20. — Fadaous. Coupe de la plage de 6m. et de sa couverture alluviale. Échelle 1 : 100

(7) galets actuels.

(6) terre noire, cailloutis en surface, 4 m.

(5) alluvions mêlées de terre rouge, 3 m.

(4) ramleh rougeâtre fin, à *Helicella* sp. 2 m. C'est la dune de régression du niveau de 6 m. ; au sommet, silex taillés levalloisiens.

(3) grès de plage grossier à *Paracentrotus* cf. *Lividus* L., *Conus mediterraneus* Brug., *Patella* cf. *coerulea* L. ; cote 6 m.

(2) poudingue marin incrusté dans les creux du calcaire.

(1) calcaire cénomanien.

Ayant atteint la limite de la région étudiée, revenons au Nord de la baie de Chekka, vers la *retombée du Jebel Kelhâte*. Ce tronçon de côte rappelle celui du Râss Chekka.

Le niveau de 95 m. de Zakroun s'y prolonge par des lambeaux de grès de plage ou de dune, souvent recouverts par des croûtes terreuses rougeâtres. Mais ces vestiges s'effacent vers le Nord, où le versant est plus raide.

A la hauteur d'*Er Raïche*, une plate-forme d'abrasion s'incline doucement de 60 m. vers la mer, en accusant deux autres paliers à 15 m. et 6 m. Sur ceux-ci subsistent des lambeaux de grès de plage à Strombes et Pectoncles. Au-dessus, des niches sont visibles tout au long du flanc du Jebel Kelhâte, jusqu'à Tripoli, remplies en grande partie de brèches et argiles à industries

humaines moustériennes ou postmoustériennes. La grotte d'Abou Halqa, fouillée par l'un de nous (38) a fourni de l'Aurignacien inférieur et moyen, et une faune eurasiatique moderne où prédomine le daim.

B. — *ALLUVIONS DU PLATEAU DE ZRHARTA*

Nous avons indiqué la structure du *plateau de Zrharta*: c'est un fond synclinal plat, long de plus de 20 km. sur près de 10 km. de largeur, recouvert d'une puissante nappe d'alluvions torrentielles quaternaires.

Le dépôt d'alluvions dans ce synclinal a commencé au Pontien, localisé dès cette époque là où les grandes vallées actuelles débouchent de la montagne. L'érosion avait donc déjà profondément entaillé les régions hautes du Liban ; les conglomérats pontiens comportent d'ailleurs les mêmes éléments que les alluvions actuelles, à savoir des galets calcaires et gréseux, jurassiques ou crétacés et des blocs de basalte. De là la difficulté de discerner les conglomérats des divers âges lorsqu'ils sont superposés en concordance approchée.

Le Nahr Abou Ali, principale rivière qui traverse le plateau de Zrharta, montre, le long de ses gorges profondes de 150 m., une excellente coupe de la nappe d'alluvions quaternaires ainsi que de la surface de son support. Aux approches de la montagne, *à Rasskifa*, ce dernier est constitué de calcaires miocènes, et, terme plus récent, de conglomérats pontiens. Cette série, franchement redressée contre le pied du haut massif, devient subhorizontale à quelque distance en direction de Zrharta : là il est impossible de discerner

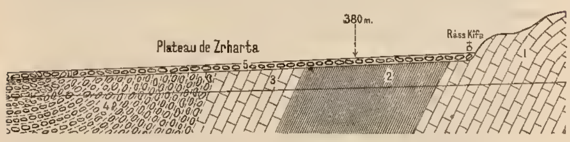


Fig. 21. — Rasskifa. Coupe du bord du plateau de Zrharta visible le long du Nahr Abou Ali. Échelle 1 : 2.000.

(5) conglomérats quaternaires.
(4) conglomérats pontiens.
(3) calcaire miocène.
(2) marne sénonienne - éocène (?).
(1) calcaires cénomaniens.

les conglomérals pontiens des conglomérats quaternaires sus-jacents. Cependant, au milieu des conglomérats grossiers apparaît un dépôt fin, terreux à microbrèche de silex, qui nous semble être l'équivalent de dépôts lacustres nettement caractérisés, intercalés au milieu de la nappe alluviale quaternaire dans la région de Bahsas : la partie des conglomérats de Zrharta située sous le dépôt fin serait donc néogène et quaternaire et celle située au-dessus, exclusivement quaternaire.

Comme le montre le croquis géologique fig. 3, p. 10, la nappe d'alluvions s'étrangle à l'Ouest de Zrharta pour déboucher, à travers le couloir qui sépare le Jebel Kelhâte du Jebel Tirhol, au-dessus de la basse plaine de Tripoli ; elle se termine là en une falaise tombant à partir de 50 à 70 mètres d'altitude.

Sur le tronçon allant de Zrharta à la plaine de Tripoli, le Nahr Abou Ali suit à distance, au Nord, la nappe d'alluvions ; sa vallée n'en montre donc plus la coupe. Celle-ci est donnée en partie par deux ravins venant de l'extrémité Nord du Jebel Kelhâte : le Nahr Barsa et l'Ouadi Abou Halqa (fig. 25, p. 31). D'autre part, la nappe alluviale est recoupée transversalement, sur toute sa hauteur, par la falaise qui domine la basse plaine de Tripoli : là sont visibles ses rapports avec le soubassement néogène ainsi qu'avec les lignes de rivages situées en contrebas (fig. 23, p. 30).

Environ à mi-chemin entre le Nahr Barsa et l'Ouadi Abou Halqa, au-dessus de la distillerie de Bahsas, où la nappe est la plus épaisse, on la voit reposer sur le soubassement néogène plissé par l'intermédiaire de sols de décalcification ; d'autre part, elle se décompose en deux nappes superposées de matériel torrentiel grossier, séparées par des dépôts gréseux, fins et terreux correspondant à des eaux plus tranquilles.

Coupe de la nappe alluviale au-dessus de la distillerie *de Bahsas :*

4 d	conglomérat en bancs réguliers. Industrie chelléo-acheuléenne.	10 m.
4 c	— brèche à silex, à ciment rougeâtre calcaro-terreux 0,50 m. — grès calcaire gris foncé, en plaquettes ; 0,30 m. — fine brèche ; 0,20 m. — grès fin, peu cimenté, lentilles de graviers à la base ; 0,20 m. — couche terreuse brune ; 1,00 m.	2,20 m.
	(Contact 4b/4c : cote 55 m.)	
4 b	conglomérat en bancs réguliers	13,00 m.
4 a	— sol rouge de décalcification ; 1,50 m. Éclats de silex taillés se rapprochant du type tayacien. — blocs de basalte décomposé, galets et graviers de silex, à l'exclusion de galets calcaires ; 0,50 m.	2,00 m.
	(Contact 4a/3 : cote 39 m.)	

(3) conglomérat bien cimenté, participant au plissement du miocène sous-jacent.
(2) marne miocène.
(1) calcaire miocène.

Vers le Sud-Ouest la nappe alluviale s'amincit et sa coupe varie quelque peu.

A *Abou Halqa* le niveau de base 4 a est constitué ainsi que suit (de haut en bas) :

— terre calcifiée avec lentilles de grès ; 0·1 m. — grès grossier, à grains anguleux, se débitant en plaquettes; 0,30 m. — argile finement sableuse, se débitant également en plaquettes ; 0,10 m.	0,40 m. à 1,40 m.

Vers *Bkomèra* l'horizon 4 c a pour équivalent des marnes lacustres à intercalations gréseuses ou des limons rouges: la nappe alluviale se divise donc là encore en deux, comme d'ailleurs sur toute l'étendue du plateau de Zrharta.

A *1 km. au Sud-Ouest de Bkomèra*, la nappe alluviale, réduite à 9 m. d'épaisseur est recouverte par une croûte crayeuse rubannée, qui tire son matériel d'un niveau marneux de la série miocène du Jebel Kelhâte.

L'examen du versant du Jebel Kelhâte et de la falaise de Bahsas permet de situer la nappe alluviale de Zrharta dans la chronologie quaternaire.

En premier lieu, il apparait que la nappe de conglomérats s'appuie contre le versant calcaire miocène en contrebas du niveau de 95 m. (fig. 25).

D'autre part, de loin en loin sont visibles, sous la nappe alluviale, les vestiges du niveau de 55-60 m. Ainsi, dans le Nahr Abou Halqa, à 500 m. en amont de la falaise de Bahsas, le substratum miocène est taillé en une falaise d'une quinzaine de mètres de hauteur, au pied de laquelle, à l'altitude 55 m., une niche d'abrasion contient du poudingue marin rubéfié et patiné, tranchant nettement avec le conglomérat sableux torrentiel sus-jacent.

Également dans un ravin au Sud de l'hôpital de Tripoli se trouve, sous la nappe alluviale et à la même cote, un poudingue marin, constitué, celui-ci, de fins graviers, puis de moules cristallisés de Gastéropodes, de Milioles, etc. liés par un ciment calcaire.

Il est donc clair que la nappe alluviale de Zrharta est postérieure au niveau marin de 55-60 m.

D'autre part la façade de la falaise de Bahsas, falaise qui recoupe sur toute son épaisseur la nappe alluviale et entame au-dessous son soubassement, présente à 35 m. d'altitude une niche de sapement dans laquelle subsistent des

incrustations de dépôts de plage. La nappe alluviale est donc antérieure au niveau de 35 m. et elle ne peut correspondre qu'au remblaiement dû à la transgression qui a amené la mer au niveau de 45 m. La nappe alluviale s'interrompt aujourd'hui entre les cotes 50 et 70; sa partie frontale, qui devait descendre jusqu'à la cote 45, est érodée.

Nous ignorons l'ampleur de la régression qui a précédé le dépôt de la nappe alluviale; nous savons qu'elle a été jusqu'au-dessous de la cote 39, puisque nous y avons trouvé, pincés entre le soubassement miocène et le conglomérat, des sols rouges de décalcification.

Les *silex taillés* de la coupe de Bahsas méritent une mention spéciale.

Dans les sols rouges de la base de la nappe, ont été récoltés 110 éclats, dont une quarantaine portent des marques attribuables à une taille intentionnelle: bulbe de percussion et plan de frappe généralement uni, parfois à 2 ou 3 facettes (fig. 22). Nous les rapprochons du Tayacien, industrie à éclats très simples, de petite taille, à plan de frappe uni ou à 2 à 3 facettes, de Tayac, en Dordogne. Bien entendu, cette assimilation n'a qu'une valeur typologique et ne signifie nullement un parallélisme avec l'industrie de la station éponyme. Ces éclats se rapprochent de près de ceux trouvés tout à la base des dépôts des grottes d'Athlit et d'Oum Qatafa, en Palestine. Ce sont les plus anciennes manifestations humaines datées stratigraphiquement au Liban.

A la surface des conglomérats de Zrharta on rencontre des éclats moustériformes et plus rarement des bifaces atypiques: ils sont donc postérieurs à ces conglomérats. Par contre, un coup-de-poing chelléo-acheuléen, à talon réservé, de bonne facture, trouvé parmi les galets meubles de leur partie haute, pourrait dater de la fin de leur formation.

La surface, dans l'ensemble très régulière des conglomérats quaternaires est parsemée de cuvettes fermées où se sont accumulées, sur des mètres d'épaisseur, des sols rouges de décalcification. A 2 km. au Sud de Zrharta, est visible la petite coupe suivante :

sol actuel, brun, planté d'oliviers	0,50 m.
terre rouge encroûtée	0,50 m.
terre rouge plastique	6,00 m.
conglomérats	30,00 m.

Notons la présence, à la surface des sols rouges, de silex taillés isolés: bifaces d'aspect tardif et instruments moustériformes. Les stations de surface ou ateliers de taille semblent être plutôt rares; nous n'en avons trouvé qu'une, à moustériolithes, du côté d'Aachach.

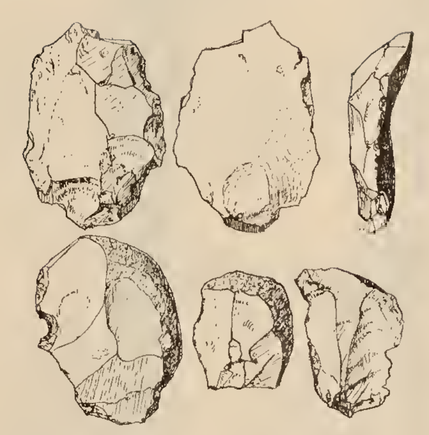


FIG. 22. — Falaise de Bahsas. Silex taillés provenant d'argiles de décalcification reposant à même le soubassement néogène du plateau de Zrharta et recouvertes par la nappe alluviale de ce plateau. Grandeur naturelle.

Le long du ravin qui de Aachach descend sur Zrharta en contournant le Jebel Tirbol, une tranchée de nouvelle route nous a donné une coupe complète des alluvions terreuses, coupe qui rappelle celles des dépôts de ruissellement postérieurs à la plage de 6 m. observées à Chekka et Fadaous : argile rouge, argile brun foncé à silex mésolithiques, sol actuel gris à poteries.

— sol actuel, gris noir, à céramique	0,40 m.
— terre brun foncé à noire	2,00 m.
— terre argileuse brun foncé à grise, à gravillons, ossements, abondants silex taillés mésolithiques (microburins, triangles scalènes, etc.)	0.40 m.
— caillountis	0,05 m.
— terre brune à rouge, argilo-sableuse	4,00 m.

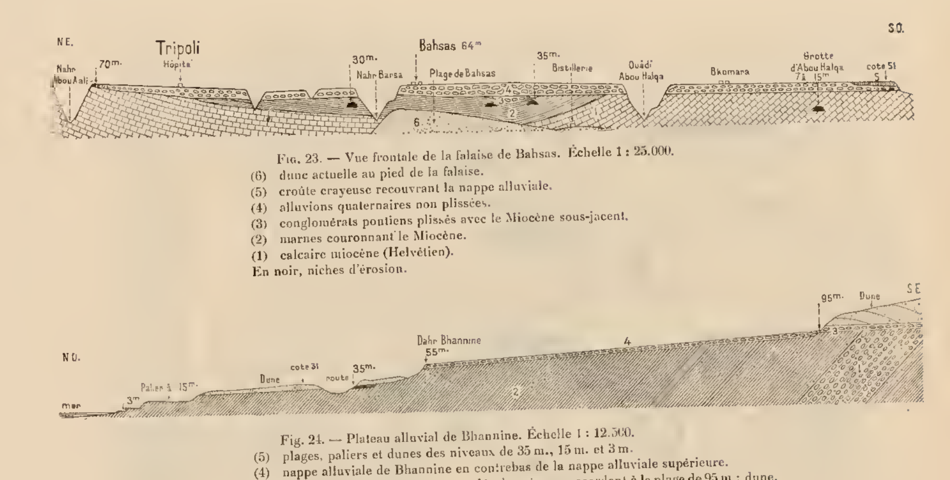


Fig. 23. — Vue frontale de la falaise de Bahsas. Échelle 1 : 25.000.

(6) dune actuelle au pied de la falaise.
(5) croûte crayeuse recouvrant la nappe alluviale.
(4) alluvions quaternaires non plissées.
(3) conglomérats pontiens plissés avec le Miocène sous-jacent.
(2) marnes couronnant le Miocène.
(1) calcaire miocène (Helvétien).
En noir, niches d'érosion.

Fig. 24. — Plateau alluvial de Bhannine. Échelle 1 : 12.500.

(5) plages, paliers et dunes des niveaux de 35 m., 15 m. et 3 m.
(4) nappe alluviale de Bhannine en contrebas de la nappe alluviale supérieure.
(3) nappe alluviale supérieure, peu développée, se raccordant à la plage de 95 m.; dune.
(2) marnes pliocènes redressées.
(1) conglomérats pontiens.

L'étude des alluvions du plateau de Zrharta nous apporte ainsi un *ensemble de faits nouveaux.*

— Découverte des premières traces humaines datées du Liban, dans les sols de décalcification sous-jacents à la nappe alluviale de Zrharta.

— Dans la période qui sépare les niveaux de 60 m. et de 45 m., a lieu une régression de la mer jusqu'à 39 m. au moins; elle est suivie d'un grand développement d'alluvions; l'alluvionnement est divisé, à quelque distance du pied de la chaine principale du Liban, en deux étapes, par des sols et dépôts lacustres.

— Il semble se confirmer que les argiles rouges remontent au paléolithique, tandis que les terres mésolithiques et postérieures seraient gris brun ou noires.

Ces résultats sont représentés Fig. 23 et 25.



Fig. 25. — Flanc du J. Kelhate au-dessus d'Abou Halqa. Rapport de la nappe alluviale de Zrharta (4) avec les paliers de 95 m. et 55 m.; division de la nappe en deux, par un épisode lacustre. Échelle 1 : 12.500.

4 d) conglomérat grossier.
c) dépôts lacustres fins.
b) conglomérat grossier.
a) argile rouge avec silex taillés.
t) calcaire miocène redressé.

C. — *PLAGES SOULEVÉES TARDIVES DE LA PLAINE DE TRIPOLI*

La côte du Liban est en général mouvementée et abrupte. Deux sites font exception à ce caractère : la plate-forme de Beyrouth d'une cinquantaine de mètres d'altitude moyenne, et la plaine de Tripoli dépassant à peine les 10 m., alors que sa superficie est de 15 kilomètres carrés. Comme la plate-forme de Beyrouth, elle s'avance en coin dans la mer, limitée par des tronçons de côte N-S et O-E; elle s'y prolonge même, à partir de sa pointe, vers le Nord-Ouest, par une ligne d'îlots échelonnés sur 6,5 kilomètres et dont certains montrent des affleurements miocènes, comme l'île de Ramkine, tandis que d'autres sont formés de grès dunaire quaternaire. La plaine de Tripoli est irriguée et couverte de jardins, d'orangeraies en particulier.

Du fait de sa faible altitude, la plaine de Tripoli est en majeure partie formée de dépôts quaternaires les plus récents : dunes alimentées par la plage de Bahsas et alluvions terreuses du Nahr Abou Ali. Le socle de ces dépôts encore presque meubles ne se dégage que sur une petite aire, le long de la côte, au Sud d'El Mina ; il pointe en falaise le long de la côte Nord de la péninsule, mais sans s'étendre en surface.

Au Sud d'El-Mina, on le voit émerger en pente douce d'au-dessous du niveau de la mer ; il y est constitué de grès dunaire recouvert d'un sable argileux rouge violacé. Dans la partie haute du sol rouge, se trouvent des tessons de poteries que M. Dunand, directeur de la Mission archéologique, attribue à la fin de l'âge de fer ainsi qu'au début de l'époque hellénistique.

Le ramleh a été là exploité en tant que pierre à bâtir, puis couvert de constructions et creusé à nouveau : il est enfoui sous des déblais et ruines remaniés de plusieurs mètres d'épaisseur.

Au ras de l'eau, le sol rouge s'est transformé en une roche compacte à cassure lithique.

Un peu plus en avant, vers la mer, s'appuie contre le socle un grès marin subactuel, s'inscrivant dans les criques en couches concentriques emboîtées plongeant doucement vers la mer. Ces grès, les derniers formés, emballent, à côté de Pectoncles nombreux, des tessons de poteries et fragments de tuiles modernes ; on trouve parfois des grès emballant des boîtes de conserves remontant à quelques années seulement ; la cimentation des sables de plage peut donc être très rapide. (Pl. II, fig. 1).

A quelque distance de la mer, le socle est recouvert d'un grès marin à peine cimenté, déposé en une couche régulière d'un demi-mètre d'épaisseur. On le suit jusqu'à 600 m. vers l'intérieur : là, vers 3-4 m. d'altitude, il passe à du sable dunaire. (Pl. II, fig. 2).

Ainsi, nous assistons, dans le coin d'El-Mina, à une dernière fluctuation du niveau de la mer, qui, vers les débuts des temps hellénistiques a amené le plan d'eau jusqu'à 3-4 m. au-dessus de sa cote actuelle. Nous en retrouverons d'autres témoignages sur la côte Nord de la presqu'île de Tripoli et dans la plaine d'Aakkâr.

Au pied de la *falaise de Bahsas*, près de la distillerie, la succession des terrains est semblable à celle d'El Mina : il y manque seulement le niveau marin de 3-4 m. Une terre brune à cailloutis s'est accumulée au pied de la falaise ; contre elle s'appuie un sol argileux rouge, qui repose sur un grès dunaire caché, mais atteint par le puits de la station de Bahsas ; un peu plus bas, une dune mouvante couvre le sol rouge.

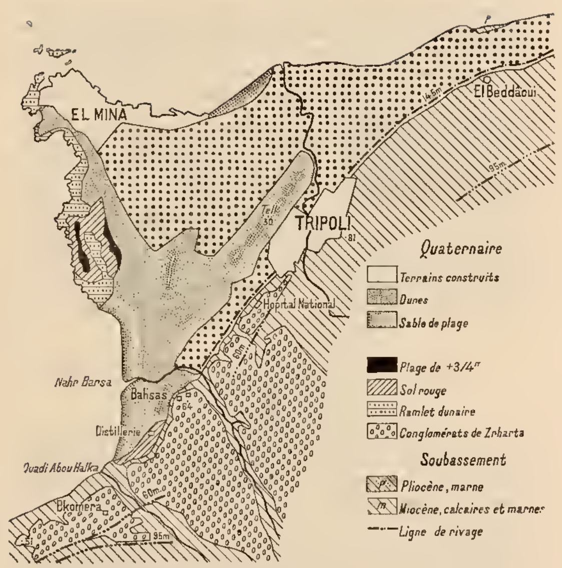


Fig. 26. — Esquisse géologique de la basse plaine de Tripoli.
Échelle 1 : 50.000.

La dune mouvante gagne en hauteur vers le Nord-Est et se plaque contre la falaise de Bahsas en cachant le sol rouge et les argiles brunes ; ainsi jusqu'au Nahr Barsa.

Deux autres dunes allongées du SSO au NNE s'élèvent l'une au milieu des jardins, à un peu plus de 1 km. de la côte, l'autre, en travers de l'agglomération de Tripoli, jusqu'au-dessus des rives du Nahr Abou Ali. Sous cette dernière, appelée le *Tell*, des ruines ont été mises à jour.

Au delà du Nahr Abou Ali, la plaine se poursuit sur 700 m., puis 500 m. de large, jusqu'au Râss Lados, à 4,5 km. à l'Est de l'embouchure du Nahr Abou Ali. Vers sa terminaison, *près de Beddaoui* est visible une petite coupe où nous retrouvons le niveau marin de 3 m.

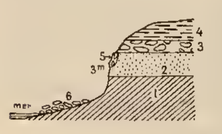


Fig. 27. — Beddaoui. Coupe du niveau de 3-4 m.
(6) galets de plage actuels.
(5) placage de *Chama gryphoides* L. et *Ostrea stentina* Payr ayant conservé leur nacre, *Spirorbis* sp. ; à 2-3 m. au-dessus du niveau de la mer.
(4) terre noire à céramique ; 1 m.
(3) graviers, 0,50 m.
(2) ramleh dunaire ; 1 m.
(1) marne verdâtre redressée, pliocène.

Des travaux de terrassement dans cette pointe de la plaine de Tripoli ont également recoupé en divers points, sous quelques mètres d'alluvions, les plages de 15 m. et de 6 m. Quant à la succession des alluvions, elle est la même que dans la carrière de Chekka : argiles brunes, cailloutis, argiles noires.

D. — *PLAGES SOULEVÉES, DUNES ET NAPPES ALLUVIALES AU NORD DE TRIPOLI*

En poursuivant l'étude du Quaternaire au Nord de la plaine de Tripoli, au pied du Jebel Tirbol, dans les collines de Halba et jusque dans la plaine d'Aakkâr, nous allons retrouver les plages soulevées, dunes et nappes alluviales avec les mêmes caractères : marques des mêmes phénomènes dans un cadre nouveau.

La plaine de Tripoli est fermée au Nord par le Râss Lados, butte de 37 m. de haut appartenant au système orographique du Jebel Tirbol. Au delà, face à la région culminante de cette montagne, s'étend la plaine d'El-Minnié, disposée en amphithéâtre entre le pied du Jebel Tirbol et les terrasses du Nahr el Barid.

Ce cours d'eau, permanent comme le Nahr Abou Ali, n'est pas sans présenter avec lui des analogies. Au débouché de la montagne, il a étalé ses alluvions en une large nappe formant le plateau de Bhannine. Il pousse aussi une légère saillie en mer.

Au delà, le paysage de basses collines adossées au pied de la chaine du Liban fuit vers l'Est, en direction de Halba, tandis que la côte, plate et basse monte vers le Nord, puis s'incurve vers le Nord-Nord-Ouest, dessinant une ligne

régulière, légèrement arquée. Comprise entre les collines de Halba et la côte, la vaste plaine d'Akkâr est le domaine alluvial d'une série de torrents et rivières : le Quaternaire marin y est relativement peu développé (fig. 4, p. 11).

Au *Râss Lados*, le long de la tranchée du chemin de fer, des grès et conglomérats marins reposent horizontalement à 15 m., sur la mollasse calcaire pliocène redressée ; vers l'intérieur des terres, ils passent à des conglomérats fluviatiles lesquels remontent doucement jusqu'à 25 m.

En contrebas, le conglomérat de la plage de 6 m. est ici riche en faune, en particulier en *Strombus bubonius* Lmk. Immédiatement au-dessus, une ancienne caverne est comblée de terre sableuse rouge à os et silex taillés moustériformes. Même sol rouge sur le sommet de la butte, parsemé de nombreux silex moustériens et postmoustériens.

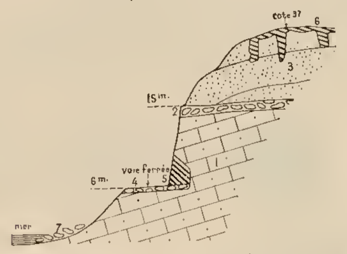


Fig. 28. — Rass el Lados. Coupe du promontoire. Échelle 1 : 200.

(7) galets actuels.
(6-5) sol gréseux rouge à silex taillés.
(4) conglomérat ; *Strombus bubonius* Lmk. *Patella coerulea* L., *P. lusitanica* Gm., *Monodonta (Osilinus) articulata* Lmk ; 1 m. Cote 6 m.
(3) grès dunaire, 20 m.
(2) conglomérat et grès de plage, cote 15 m.
(1) mollasse calcaire pliocène redressée.

Sur le *flanc Nord du Jebel Tirbol*, sont visibles des lambeaux des plages de 95 m., 60 m., 45 m., 35 m. Mais, c'est le cours inférieur du Nahr el Barid qui présente le Quaternaire le plus intéressant : nous y retrouvons, à une douzaine de kilomètres de Zrharta,, une nappe alluviale fort semblable à celle du Nahr Abou Ali, quoique moins étendue (fig. 30). En quittant le haut massif libanais, le Nahr el Barid n'a pas devant lui une large cuvette

comme le Nahr Abou Ali : il traverse d'abord, au fond de profondes gorges, une voûte de conglomérats pontiens prolongeant le plissement du Jebel Tirbol; puis il continue sa course vers la mer sur le flanc de la voûte, formé de marnes pliocènes. Ce sédiment imperméable et tendre était particulièrement apte à recevoir les marques de l'érosion quaternaire.

Au point où le Nahr el Barid quitte les conglomérats pontiens, commence une *première nappe* d'alluvions, épaisse de 6-7 m. ; sur ses 500 m. de longueur d'amont en aval, elle descend doucement de 105 m. à 95 m. Elle est en partie recouverte de ramleh dunaire, qui gravit la voûte pontienne jusqu'à 150 m. d'altitude (fig. 24, p. 30).

En contrebas s'emboite une *deuxième nappe*, descendant, sur 2,5 km. de longueur, de 80 m. à 50 m., en s'étalant jusqu'à avoir 5 km. de largeur.

Elle est donc beaucoup plus étendue que la première et en cela rappelle la nappe de Zrharla. Elle présente d'ailleurs la même coupe que celle-ci : un sol rouge recouvert d'une première tranche d'alluvions grossières; puis un horizon de matériel détritique fin, bien stratifié, surmonté d'une deuxième tranche d'alluvions grossières.



Fig. 29. — Plateau de Bhannine. Coupe de la nappe d'alluvions. Échelle 1 : 200.

4 d	conglomérat à blocs calcaires et basaltiques, ciment gréseux	3 m.
4 c	grès stratifiés	2 m.
4 b	conglomérat	2 m.
4 a	sol rouge et grès fin	0,50 m.
1	marne pliocène redressée.	

Au-dessous de Bhannine, la nappe alluviale tombe en falaise sur un palier taillé dans la marne pliocène, qui porte des restes de la plage de 35 m., en partie enfouis sous une dune.

Coupe de la plage (de haut en bas) :

— grès dunaire ; quelques mètres.
— conglomérat fluviatile à gros blocs calcaires et basaltiques ; 2 m.
— grès coquillier de plage, grossier à la base, plus fin au sommet ; 3 m.
— poudingue de base ; *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Pyrgo*, etc. 0,50 m.

La dune qui recouvre la plage de 35 m. est posée, un peu plus bas, à partir du point de cote 31, directement sur la marne pliocène. Elle descend

doucement jusqu'à la cote 23, où elle s'arrête en falaise au-dessus du palier de 14,50 m., nu ici, mais auquel correspondent un peu plus au Sud un grès grossier à Patelles et des graviers.



Fig. 30. — Plateau de Bhannine et embouchure du Nahr el Barid.
Échelle 1 : 50.000.

La plage de 15 m. se trouve ainsi au Râss Lados et dans la zone d'embouchure du Nahr el Barid, de part et d'autre de la plaine de Minniè, disposée en forme d'amphithéâtre ouvert sur la mer. La forme particulière de ce tronçon

de côte a eu pour conséquence un emboîtement des successives formations de plages, à la façon de l'emboîtement classique des terrasses fluviales.

La plage de 15 m. diminue graduellement d'altitude le long de la côte, de la zone d'embouchure du Nahr el Barid vers le Sud-Ouest en direction du centre du cirque d'El Minnié. Elle atteint ainsi la cote 10, puis un gradin tombe sur la plage de 6 m., et un peu plus loin un nouveau gradin donne sur la plage de 3 m. Cette dernière, nettement caractérisée par des *Ostrea stentina* Payr., plonge, elle aussi, doucement dans la mer.

Dans le cirque d'El-Minnié, nous mentionnerons encore, comme dépôts quaternaires, des tufs à plantes et à *Melanopsis*, *Helicella*, etc., qui servent de support au village d'El-Minnié. On voit aujourd'hui de petites sources, jaillissant au-dessus de la mer, au contact des grès dunaires et de leur support argileux, pliocène, former des tufs semblables.

Les collines de Halba représentent le plongement périclinal du plissement du Jebel Tirbol devant les basaltes de la trouée de Homs. Les marnes pliocènes y passent par indentations au basalte, vers le Nord-Est; elles plongent d'autre part vers la plaine d'Aakkâr.

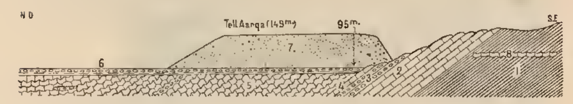


Fig. 31. — Nahr el Aarqa. Coupe du Pliocène terminal redressé et des terrains quaternaires les recouvrant subhorizontalement.

(8) terrain à tessons du Tell Aarqa.
(7) terre noire à galets, quaternaire ; 2 m.
(6) tufs de source emboîtés dans la vallée ; non redressés.
(5) tufs à empreintes végétales (platane et laurier) mélangés de graviers, redressés; 50 m.
(4) calcaire détritique et tuffacé, brun ; 8 m.
(3) conglomérats et grès.
(2) mollasse calcaire à *Fl. arkanus* Opp.
(1) marne sableuse plaisancienne.

La vallée du Nahr el Aarqa donne une bonne coupe de cette retombée. On y voit une série redressée franchement, comprenant des marnes sableuses plaisanciennes (faciès banal), une mollasse calcaire à *Flabellipecten arkanus* Oppenh. également plaisancienne, des conglomérats et grès probablement villafranchiens et enfin un tuf de source à empreintes végétales ; d'autre part,

repose horizontalement sur le tuf redressé et s'appuie contre les conglomérats villafranchiens à la cote 95, une terre alluviale noire mélangée de galets calcaires; enfin, à quelque distance à l'amont, des tufs horizontaux sont emboîtés sur le versant de la vallée.

Nous signalerons encore, dans cette région, l'importance des croûtes crayeuses rubannées recouvrant les marnes sableuses plaisanciennes.

Dans la *plaine d'Aakkâr*, à *Tell Hahrd* (le long de la route Tripoli-Homs, à un peu plus de 1 km. de sa bifurcation avec la route de Lattaquié) un petit palier à peine marqué correspond à des graviers et grès de la plage de 15 m. Ce point est à environ 1 km. de la mer.

A cent mètres de la mer et un peu plus au Sud, *entre la sucrerie d'El Abdé et le moulin Cheïd*, un palier marin est creusé à 3-4 m. dans les alluvions de la plaine.

Une meilleure coupe est donnée par les tranchées de drainage du *champ d'aviation de Kleïate* et les carrières de ramleh de *Cheikh Zénadé*. On y voit, au-dessus d'un grès dunaire nivelé par érosion, du poudingue marin à *Cardium edule* L. de la plage de 6 m.; dessus, un sol rouge, qui s'enfonce doucement vers la mer; contre le sol rouge, des graviers et sables à faune marine, à peine cimentés, s'établissant en palier à la cote 4, et recouverts d'une dune rougeâtre; enfin, le long du rivage, plaqué contre, un cordon de galets.

A *Arab Jeheïche*, la dune rougeâtre de cette coupe (niveau 6), remplit les gradins d'anciennes carrières taillées dans le grès dunaire.

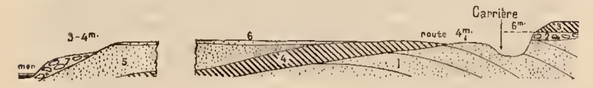


Fig. 32. — Carrière de ramleh de Cheikh Zénade et tranchée de drainage du terrain d'aviation de Kleïate. Coupe des plages et dunes des niveaux de 6 et 3 m.
Échelle 1 : 2.500.

(7) cordon de galets meubles du rivage actuel.
(6) dune rougeâtre, faiblement cimentée; Hélix, brèche osseuse, céramique.
(5) gravier et sable à *Pectunculus violasceus* Lmk, *P. pilosus* L., *Donax trunculus* L., *Murex trunculus* L. Niveau 4 m.
(3-4) sol sableux rouge à Hélix.
(2) poudingue à *Cardium edule* L. Niveau 6 m.
(1) dune fossile.

A 1,5 km. *à l'Est de Hamidieh*, sur la piste de Jammâssé, on retrouve encore du poudingue correspondant au niveau de 6 m. Un peu plus à l'Est, sur la butte de Dahr el Hajar, entre 30 et 50 m., a été trouvée une station à gros outils de type chelléo-acheuléen.

Ces divers affleurements, isolés dans la plaine d'Aakkâr, ne donnent qu'une idée approximative de la position des rivages. La répartition des quelques dunes isolées dans la plaine ne permet guère de préciser les hypothèses. Néanmoins, il semble que le rivage de 14,50 m. se soit situé jusqu'à 4 km. à l'Est du rivage actuel, tandis que celui de 6 m. n'en était guère à plus de 1.500 m. ; celui de 3 m. coïncidait à peu près avec lui.

Nous ne pouvons pas ne pas mentionner ici la *morphologie sous-marine* à proximité de la cote. La carte des fonds (*cf.* fig. 4) nous montre, à 2-3 km. au large une légère saillie formant une ride culminant à moins de 10 m. de profondeur et émergeant même à l'approche de Tartous en une série d'îlots, dont le plus important est l'île de Rouad. De la côte jusqu'à cette ride, le fond descend très doucement jusqu'aux environs de - 10 m. ; au delà il tombe assez brusquement jusqu'à - 20 m., puis de nouveau doucement jusqu'à - 50 m. Avec cette profondeur semble être atteint le bord de la marge continentale, car brusquement le fond fuit en profondeur.

L'île de Rouad est formée entièrement de grès dunaire ; il en est de même des autres îlots et nous pensons que la saillie à 2-3 km. au large pourrait représenter une dune ancienne, qui se serait formée à partir d'une plage aujourd'hui noyée sous au moins 20 m. d'eau. Tout au long de la côte, on peut d'ailleurs observer des dunes fossiles s'élevant en voûte d'au-dessous du niveau actuel de la mer et leur disposition semble indiquer que leur genèse tombe tard dans l'histoire du Quaternaire, après le niveau de 6 m.

IV. — CONCLUSIONS

Tout au long du tronçon de cote étudié, des plages soulevées s'étagent régulièrement aux cotes de 95 m., 55-60 m., 45 m., 30-35 m., 15 m., 6 m. e 3-1 m. Elles se raccordent d'une part à des systèmes dunaires complexes, d'autre part à des terrasses fluviatiles.

Nous manquons de données sur la régression postérieure au niveau de 95 m. et antérieure à celui de 55-60 m. ; nous ne pouvons donc préciser la signification de ce dernier : simple stade d'arrêt au cours d'une régression ou

maximum d'une oscillation secondaire ? En tout cas, le niveau de 45 m. est précédé d'une régression jusqu'au-dessous de la cote 39 m. (falaise de Bahsas).

Nous n'avons également aucune indication sur l'amplitude de la régression séparant les niveaux de 45 m. et de 30-35 m. ; nous savons que les niveaux de 14,50 m. et de 6 m. ont été précédés de régression respectivement jusqu'au-dessous des cotes 10 m. et 2 m.

Une régression plus prononcée, jusqu'à une cote inconnue, bien inférieure au niveau actuel de la mer sépare le niveau de 6 m. d'un dernier niveau marin qui vers la fin de l'âge de fer a transgressé jusqu'à 3-4 m.

En relation avec le niveau marin de 45 m., des conglomérats fluviatiles ont un développement considérable ; la présence d'énormes blocs jusqu'à une grande distance de la montagne nous incite à penser à une période à abondant ruissellement superficiel.

Dans la période qui a suivi, les phénomènes dunaires ont joué un rôle important.

Enfin, après le niveau de 6 m., des sols se sont accumulés, parmi lesquels nous distinguons des *couches rouges*, contenant d'une façon constante des silex taillés paléolithiques, surtout moustériens ; puis, recouvrant les couches rouges, des *terres noires* à industries mésolithiques ; enfin, en surface, les sols actuels, qui sont gris.

Notre Quaternaire ne nous a pas fourni de faunes continentales qui ne soient pas eurasiatiques modernes et les faunes marines ne comportent pas d'autres formes caractéristiques que les *Strombus bubonius* Lmk des plages soulevées de 14,50 m. et 6 m. Il n'est donc guère aisé d'y établir des coupures et encore moins de tracer des parallélismes avec celles d'autres régions. En accordant à l'amplitude des régressions une valeur prédominante, nous serions amenés à regrouper les niveaux de 95 m. et de 55-60 m. d'une part, ceux de 45 m. à 6 m. d'autre part et à séparer celui de 3-4 m. Nous ne sommes pas en état de préciser dans quelle mesure ces subdivisions correspondent aux classiques étages du Sicilien, du Tyrrhénien et du Flandrien. Toutefois, la nappe alluviale du niveau de 45 m. semble bien répondre au *Pluvial* principal des préhistoriens de Palestine (14, 35, 42). Les alluvions postérieures au niveau de 6 m. correspondent, d'après les vestiges archéologiques, à leur *Petit Pluvial*.

V. — PRÉHISTOIRE

L'Homme préhistorique trouvait, sur la côte, des conditions d'existence favorables et il a occupé au fur et à mesure les terrains abandonnés par la mer. Il y a laissé les témoignages de son industrie, des silex taillés, que l'on retrouve soit reposant sur les anciennes plages, soit inclus dans les dépôts alluvionnaires. Lorsque ces gisements sont englobés dans la sédimentation quaternaire et que leur ensevelissement les a mis à l'abri d'apports de silex taillés plus récents, nous pouvons donner une date géologique à ces manifestations humaines.

Les plus anciennes, bien datées dans notre région, sont les silex dans les sols rouges de Bahsas. Ces dépôts sont postérieurs à la ligne de rivage de 55-60 m. et plus anciens que la nappe alluviale qui la recouvre. Les silex consistent en petits éclats très simples, que l'on peut classer du point de vue typologique dans le Tayacien.

La nappe de conglomérats elle-même, très cimentée, est difficile à explorer et ne nous a pas fourni d'outils. La présence de rares coups-de-poing, du type chelléo-acheuléen, en surface de cette formation, indique cependant que les industries à gros bifaces peuvent être plus récentes que ces conglomérats. Les stations de ces industries sont fréquentes sur les collines entourant la plaine d'Aakkâr, mais comme nos observations ne portent que sur des gisements de surface, nous ne pouvons en tirer de conclusion. Notons cependant que nous n'en avons pas trouvé en dessous de 30 m.

Sur les plages qui s'étendent en avant des lignes de rivage de 15 m. à 6 m., les outils en silex sont nombreux. Les bifaces sont rares, mais les éclats levalloisiens et moustériformes sont très fréquents. Ces derniers se rencontrent également en nombre dans les dépôts alluvionnaires qui recouvrent ces plages.

Les données sur le climat durant la préhistoire restent encore très vagues. Jusqu'ici nous n'avons encore rencontré aucune faune terrestre dans les niveaux anciens. La présence de Strombes sur les rivages de 15 m. à 6 m. indique un climat plus méridional que celui de nos jours.

Tout au long de la côte, la mer a creusé des niches et des grottes qui ont été ultérieurement occupées par l'Homme. Sur le sol autour de ces abris, ainsi que dans les brèches ou les dépôts d'argile brune meuble qui les remplissent, on trouve de nombreux silex et les ossements des

butins de chasse de leurs habitants. La grotte d'Abou Halqa, qui a pu être explorée en partie, a fourni les vestiges très caractéristiques de plusieurs occupations successives, dont surtout du Paléolithique supérieur (phases I et III de Palestine). La faune qui les accompagne, grand Bovidé, Cerf, Gazelle, Ours brun, Chat sauvage et Daim en grand nombre, est celui d'un pays à climat tempéré, à espaces herbeux, avec de nombreux fourrés et des forêts, tels que le Liban en présenterait de nos jours sans les déboisements artificiels.

Les argiles brunes ou les sols rouges sont recouverts de terres noires. A plusieurs endroits (Chekka, Aachach, grottes d'Abou Halqa), malgré la différence du milieu, la coupure entre ces deux terres se place autour du Mésolithique et paraît avoir un caractère général.

A partir de ces époques récentes, les données archéologiques assez bien connues peuvent servir à dater des formations géologiques, à l'inverse de ce que nous avions fait pour les terrains plus anciens. Ainsi la dernière oscillation marine de 3-4 m. a recouvert des dépôts à tessons, de l'âge du fer au début des temps hellénistiques, ce qui fixe la date de ce mouvement marin.

VI. — COMPARAISONS

En *Syrie et au Liban*, diverses indications d'auteurs confirment l'existence de plages soulevées tout au long des côtes :

— du Quaternaire ancien à 82 m., à l'embouchure de l'Oronte (2, p. 454).

— des conglomérats suspendus à 70 m., 50/60 m., au Nahr el Kelb (2, p. 434; 4, p. 148); à 80 m., à Maameltein et Jounieh (4, p. 150).

— des terrasses littorales à 36 m. et à 45 m., au Sud de Beyrouth (2, p. 434).

— une plage à 10/15 m. dans le port de Lattaquié (26, p. 109).

— une plage à 8 m., surmontée de grès dunaire à interstratifications de sol rouge, à Râss Beyrouth (8, 36).

Leurs relations avec nos observations restent à établir.

Le Quaternaire de nos régions rappelle, dans son ensemble, celui de la *Méditerranée Occidentale* et c'est ce qui nous a amenés à évoquer le Sicilien, le Tyrrhénien et le Flandrien.

En *Égypte*, les terrasses alluviales du Nil sont aux mêmes cotes relatives que nos niveaux marins; la nomenclature suivante a été adoptée par Sandford (15) :

terrasse de 90 m.	Sicilien.
65 et 48 m.	Milazzien.
30 m.	Tyrrhénien.
15 m., 9 m. et 3 m.	Monastirien.

J. Ball (33) décrit des oscillations du niveau de la mer qui rappellent celles observées dans notre région : Cote 180 m. à la fin du Pliocène ; régression jusqu'à − 12 m. pendant le Moustérien moyen ; transgression jusqu'à + 16 m. ; nouvelle régression jusqu'à − 43 m. à la fin du Paléolithique ; enfin, lente remontée jusqu'à la cote actuelle.

En *Palestine*, les vestiges quaternaires se présentent différemment (5, 9, 20, 23, 28, 31, 32). L. Picard en a donné une récente vue d'ensemble (42). Le Quaternaire marin y est en général caché, le long des côtes et dans les plaines côtières, par des alluvions et des complexes dunaires qui s'étalent sur une très grande largeur et remontent les versants jusqu'à 120 m. d'altitude ; mais il a été rencontré dans des forages jusque bien en dessous du niveau de la mer.

Aucune ligne de rivage n'a pu être observée ; cependant les unités suivantes ont été admises :

— *Niveau marin* de − 35/45 m. jusqu'aux environs du zéro actuel ; légère transgression persistant jusqu'à l'approche des temps historiques (42, p. 92).

— *Complexe dunaire :* régression, entre le Moustérien moyen et le Mésolithique (42, p. 97).

— *Gravier fluviatile* (42, p. 102).

— *Niveau marin* de − 30/35 m. jusqu'à − 10 m. à 25 m. ; transgression entre le Prémonstérien et le Moustérien (42, p. 90).

— *Complexe dunaire :* régression ?

— *Gravier fluviatile* étendu (42, p. 102).

— Niveaux marins de − 95 m. à 140 m. atteints par forages (42, p. 93).

Les trois premiers termes côtiers peuvent être rapprochés de ceux du Liban-Nord. Les deux niveaux de graviers (42, p. 91) rappellent les deux phases de remblaiement alluvionnaire de notre région.

La différence essentielle entre le Liban et la Palestine réside dans le fait que dans ce dernier pays les niveaux s'observent jusque bien au-dessus du zéro actuel.

Les fouilles de D. A. E. Garrod et D. Bate au Mont Carmel ont mis en évidence un renouvellement de la faune des Vertébrés terrestres dans le cours du Moustérien : à une faune de caractère africain se substitue une faune eurasiatique moderne ; d'où D. Bate conclut à un important changement climatique, son *great faunal change* (35, p. 156).

ESSAI DE CHRONOLOGIE DU QUATERNAIRE DU LIBAN NORD

Mouvements marins, plages		Chronologie préhistorique	Faune	Climat	Corrélation avec la Palestine
0 m.	FLANDRIEN	époque historique	appauvrie	actuel	
3 à 4 m.		fin de l'âge du fer	subactuel		
		Néolithique (terre noire)		humide	Black marshy loam, Pluvial C
		Mésolitique		actuel	Upper Kurkar complex
		Aurignacien	daim cerf ours gazelle	pluvieux (alluvionnement)	Upper gravel series Small Pluvial B. *faunal change*
régression marquée	TYRRHÉNIEN	Moustérien (terre brune et rouge)			regression
6 m.		Levalloisien	*Strombus bubonius*		
15 m.		Levalloisien et Acheuléen final	*Strombus bubonius*	sec, plus chaud qu'aujourd'hui	
35 m.		Acheuléen et			
45 m.		Chelléen		pluvieux (alluvionnement)	transgression MSL ; Lower gravel series Main Pluvial A
régression ?	SICILIEN	Tayacien (terre rouge)			régression : terra rossa
60 m.					
95 m.					Interpluvial a transgression ?
Pliocène plissé					

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. M. Boule. — Les Grottes de Grimaldi. Monaco, 1906.
2. M. Blanckenhorn. — Neues zur Geologie Palaestinas und des aegyptischen Niltales. *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, Bd. 62, p. 450/451, 1 tabl., 1910.
3. M. Blanckenhorn. — Syrien, Arabien u. Mesopotamien. *Handbuch der regionalen Geologie*, 1914.
4. G. Zumoffen. — Géologie du Liban. Paris, Barrère, 166 p. 1 carte, 32 fig., 1926.
5. G. S. Blake. — Geology and Water Resources of Palestine, Jérusalem, 51 p. 1928.
6. G. Dubois. — Un tableau de l'Europe Flandrienne. *Livre Jubilaire du Centenaire de la Soc. géol. Fr.*, T. 1 p. 263-277, 8 cartes, Paris, 1930.
7. A. Gruvel. — Les États de Syrie. Richesses marines et fluviales. Bibl. de la faune des Colonies Françaises. Paris, 1931.
8. A Bergy. — Le Paléolithique ancien stratifié à Ras Beyrouth. *Mélanges de l'Université St-Joseph*, Beyrouth, T. XVI, fasc. 5, 1932, p. 169-217, pl. XIV-XXVII.
9. L. Picard.—Zur Geologie des Mittleren Jordantales. *Zeitschr. deutsch. Palaestina Ver.*, 1932, p. 269-237, pl. 19-24, 1 carte au 1/50.000.
10. A. Burkhalter. — Note sur les Stations préhistoriques du Gouvernement de Lattaquié. *Bull. Soc. préh. Fr* , No. 11, 1933, 7 p.

1934

11. H. Breuil. — De l'importance de la solifluxion dans l'étude des terrains quaternaires de la France et des pays voisins. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.* T. VII, p. 261-331, 52 fig., 7 pl.
12. A. Keller. — Le Miocène du Liban. *Notes et Mém. Sect. Géol. H.C.F.*, Beyrouth, T. 1., p. 155-172.
13. P. Leonardi. — La formazione a strombi e la cronologia pleistocenica. *Boll. della Soc. veneziana di Stor. Nat.*, T. 1, No. 5-6, 12 p. 2 fig., 3 pl.
14. R. Neuville. — Le Préhistorique de Palestine. *Rev. bibl.*, avril, 23 p., pl. XI-XXI.
15. K. S. Sandford. — Paleolithic Man and the Nile Valley in Upper and Middle Egypt. *The Univ. of Chicago, Orient. Inst. Publ.*, T. XVIII, 131 p., 39 pl., 1 carte, 25 fig.

1935

16. A. C. Blanc. — Stratigraphia del canale Mussolini nell 'agro Pontino. *Proc. verbal. di Soc. Tosc. di Sc. Nat.*, T. XLIV. No. 2, 5 p. 1 fig.
17. A. C. Blanc. — Delle formazioni quaternarie di Nettuno et loro correlazione con la stratigraphia dell' agro Pontino. *Boll. della Soc. geol. Ital.*, T. LIV. pp. 109-120, 1 fig., 2 pl.
18. R. A. Daly. — The changing world of the ice age. Yale University Pennsylvany, 2e édit.

19. G. Denizot. — Sur le Quaternaire de la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. géol. Fr.*, T.V., p 559-571, 1 fig.

1936

20. G. S. Blake. — The stratigraphy of Palestine and its building stones. Jérusalem.
21. A. C. Blanc. — La stratigraphie de la plaine côtière de la Basse Versilia (Italie) et la transgression flandrienne en Méditerranée. *Revue de Géogr. phys. et Géol. dyn.*, Vol. IX., fasc. 2, p. 955.
22. M. Gignoux. — Géologie Stratigraphique (2e édit.). Paris, Masson, p. 630-684.
23. L. Picard and P. Salomonica. — On the Geology of the Gaza-Beersheba district. *Journ. of the Palest. Orient. Soc.*, Vol. XVI, p. 217.
24. F. Roman. — Listes raisonnées des faunes du Pliocène et du Miocène de Syrie et du Liban. *Notes et Mém. Sect. Géol. H.C.F.*, Beyrouth, T. III, p. 384.

1937

25. V. Agafonoff. — Les sols rouges méditerranéens de France et leurs roches mères. *Génie civil*, T CIII, No. 16, p. 381. « Pedologie ».
26. L. Dubertret, H. Vautrin et A. Keller. — La Stratigraphie du Pliocène et du Quaternaire marins de la côte Syrienne. *Notes et Mém. Sect. Géol., H.C.F.*, Beyrouth, T. II. p. 93-121.
27. L. Picard. — Inferences on the problem of the Pleistocene Climate of Palestine and Syria drawn from Flora, Faune and Stratigraphy. *Proc. of the Prehist. Soc.*, Jan.-July, p. 58-70.
28. L. Picard et H. Avnimelech. — On the Geology of the Central Coastal Plain, Publ. Hebrew Univ., Jérusalem, series I, bull. 4.

1938

29. J. Bourcart. — La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines. *Bull. Soc. géol. Fr.*, T. VIII, p. 393.
30. R. Levy. — Contribution à l'étude du bord méridional des unités prérifaines. *Bull. Soc. géol. Fr.*, p. 771-794.
31. S. Loewengart. — Zur Geologie der Kueste Palaestinas. *Centralblatt f. Min.* etc., Abt. B, No. 9, p. 438 519.
32. J. Vroman. — Geology of the Region of South-western Carmel (Palestine). *Thèse*, Utrecht, 4-IV. 71 p., 1 carte, 2 pl. 6 fig.

1939

33. J. Ball. — Contributions to the Geography of Egypt. Le Caire.
34. R. Furon. — Manuel de préhistoire générale. Paris, Payot. 398 p. 2 tabl. 8 pl. 150 cartes et fig.
35. D.A.E. Garrod et D. Bate. — The Stone Age of Mount Carmel. Oxford. T. 1. 227 p. 55 pl.

1940 - 1944

36. L. Dubertret. — Sur la structure de la plate-forme de Beyrouth et sur ses grès quaternaires. *C. R. som. Soc. géol. Fr.* ; No. 8, 6 mai 1940.

37. J. Haller. — Notes de Préhistoire Phénicienne. La carrière d'argile de la Société des Ciments Libanais, Chekka. *Bull. Musée de Beyrouth*, T. IV, pp. 55-62, 4 pl., 1942.

38. J. Haller. — Aperçu sur l'état actuel de nos connaissances de la Préhistoire de la Syrie et du Liban. *Notes et Mém. Sect. Géol. D.F.L.*, Beyrouth, T. IV, F. 1, 1944.

39. L. Dubertret. — Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième. 2e édit. Beyrouth, Section Géologique 1941-1945.

40. L. Dubertret. — Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée. Beyrouth, Section Géologique, 1943.

41. J. Haller. — Notes de Préhistoire Phénicienne. La station levalloisienne d'Amrit. *Bull. Musée de Beyrouth*, T. V. pp. 31-33, 1 fig., 1943.

42. L. Picard. — Structure and evolution of Palestine, Publ. Hebrew Univ., Jérusalem, 1943, 134 p., 1 tabl. ; 18 fig.

43. R. Wetzel. — Notes et levers inédits.

EXPLICATION DES PLANCHES

Pl. I Fig. 1. — Baie d'Ennfé. Plage de 95 m. (Sicilien ?) : dalle de grès de plage surmontée d'une dune (a), disposée en couronne autour d'un substratum marneux sénonien éocène (b) qui émerge à l'emplacement des pins.

Fig. 2. — Ennfé. Grès dunaire (a) reposant sur du calcaire miocène (b); le tout, taillé en falaise au-dessus d'un trottoir à 15 mètres (c).

Pl. II Fig. 1. — Tripoli El-Mina. Formations littorales actuelles : grès de plage épousant en couches concentriques les criques creusées par la mer dans des grès dunaires plus anciens.

Fig. 2. — Tripoli El-Mina. Dernière transgression à 3-4 m. (Flandrien ?) : grès de plage (a) recouvrant à 3 à 4 m. des sols rouges (b) contenant des tessons de la fin de l'âge du fer à l'époque hellénistique.

Fig. 3. — Les contreforts du Liban vus de la plaine de Tripoli. Au premier plan, la basse plaine sableuse plantée d'orangeraies, puis le plateau néogène de Zrbarta, recouvert de conglomérats quaternaires (a); vers la droite s'élève le Jebel Kelhâte (b); au fond, le massif du Liban (c).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

APERÇU SUR LA PRÉHISTOIRE DE LA SYRIE ET DU LIBAN EN 1945

PAR

JEAN HALLER

Le Quaternaire, c'est l'époque de l'apparition de l'Homme et du développement des glaciers, a écrit R. Vaufrey. Les poussées et reculs des glaciers, et leurs répercussions directes ou lointaines donnent les divisions de cette ère. Situer l'Homme dans ces périodes et suivre son évolution jusqu'au seuil de l'histoire est actuellement l'un des principaux buts de la science préhistorique.

Le Liban et la Syrie, au carrefour des migrations entre trois continents, ont la possibilité de fournir de précieuses contributions dans ce domaine. L'étude de la préhistoire y est d'ailleurs singulièrement favorisée: la haute antiquité de l'histoire de ces pays et nos bonnes connaissances de leur passé protohistorique permettent de donner des dates certaines à des événements de très haute époque; la variété de leurs formations quaternaires facilite la chronologie géologique; enfin, ils abondent en grottes, sources et autres sites prêtant à la fouille, qui avaient invité l'homme primitif au séjour.

Aussi, les stations préhistoriques signalées sont-elles nombreuses (7, 10). De belles collections d'outils ont été réunies à Beyrouth, au Musée, à l'Université St.-Joseph, à la Faculté Française de Médecine, à l'Université Américaine, par P.-E. Guigues, par feu Heidenstamm et par d'autres chercheurs. Les publications composent déjà une bibliographie assez étendue.

Ces travaux se groupent en quatre catégories: ceux qui traitent d'observations rattachées à des formations géologiques; ceux qui s'occupent de gisements offrant une succession archéologique; ceux qui rendent compte de fouilles non stratigraphiées ou de récoltes de surface, et enfin les ouvrages de synthèse de caractère général.

Dans l'état actuel de nos connaissances, seuls les deux premiers groupes

de travaux peuvent apporter une contribution à la science préhistorique. Lorsque la charpente stratigraphique de la préhistoire syro-libanaise sera solidement établie et que l'aspect typologique des industries humaines sera bien connu, on pourra songer à utiliser les matériaux fournis par les trouvailles de surface, par exemple pour l'étude de leur distribution géographique. Or la fréquence avec laquelle les silex taillés, dans ces pays arides, s'offrent en surface du sol et sollicitent le collectionneur, a conduit à des recherches sans méthode : nous avons une nombreuse littérature et de vastes collections de ces récoltes de surface, alors que les travaux sur des gisements stratigraphiés géologiquement ou archéologiquement se comptent sur les doigts d'une main ; nous excluons ici les travaux, assez nombreux, sur les plus anciennes couches des *tells*. Il faut dire aussi que la guerre a empêché ou retardé le compte rendu de quelques bonnes fouilles en cours.

Ces travaux seraient insuffisants pour tenter l'esquisse du Préhistorique de la Syrie et du Liban, si nous ne pouvions nous appuyer sur les beaux résultats des fouilles en Palestine. Rechercher des parallélismes au delà de ce pays voisin, nous amènerait sur le terrain de l'hypothèse; car, s'il paraît évident à l'esprit que des concordances doivent exister, dans les grandes lignes, entre les principaux types d'industries préhistoriques du Levant et ceux d'Europe et d'Afrique, il appartient encore à la fouille, au Liban et en Syrie, de démontrer ces relations.

Il est même certain que, dans le détail, les outillages lithiques d'ici et de Palestine ne cadrent souvent pas avec les types classiques, d'où la création de nombreuses désignations nouvelles ou hybrides, telles que Natoufien, Antélien, Athlitien, Yabroudien, Levalloiso-Moustérien, Aurignacio-Moustérien, etc.

Les *observations faites en Palestine* sur les relations du Quaternaire et de la Préhistoire, par Bate, Blanckenhorn, Garrod, Loewengart, Mallon, Neuville, Picard, Stekelis, Vaufrey et d'autres, sans toujours s'accorder dans les détails, fournissent un schéma pouvant servir de base à notre étude.

On a reconnu en Palestine, au cours du Pléistocène, deux périodes pluviales principales, séparées par un Interpluvial. La première, le Pluvial A de Picard, est matérialisée par d'importants dépôts de graviers ; on y a trouvé du Chelléen, de l'Acheuléen inférieur, ainsi que des ossements d'Éléphant. Dans les grottes, les dépôts de remplissage attribués à ce Pluvial n'ont encore livré ni du Chelléen ni de l'Acheuléen inférieur; mais on a rencontré à leur base, de petits éclats, très simples rangés dans le Tayacien.

Le Paléolithique ancien final et le Paléolithique moyen sont par contre richement représentés dans certaines cavernes (Oum Qatafa, Athlit, etc.), par une succession de niveaux de l'Acheuléen moyen et supérieur, du Micoquien, du Levalloiso-Moustérien et du Moustérien. Ces industries sont accompagnées d'une faune d'aspect africain : Rhinocéros, Hippopotame, Éléphant, Phacochère et microfaune à espèces primitives éteintes. De nombreux ossements humains néanderthaloïdes y ont été découverts également.

A partir des niveaux acheuléen supérieur ou acheuléen inférieur, selon les dernières vues de Picard, la faune dénote un assèchement progressif du milieu, jusqu'à l'avènement du Pluvial B. Au cours du Levalloisien-Moustérien, la faune citée disparait ; quelques espèces nouvelles, l'Hyène tachetée, le Loup, etc. la remplacent. Cependant l'industrie humaine change peu. L'outillage à éclats, type Levalloisien ou Levalloiso-Moustérien inférieur évolue insensiblement vers le Moustérien ou Levalloiso-Moustérien supérieur, à éclats plus petits que le précédent et persistera durant la plus grande partie du Pluvial B.

Vers la fin de cette époque s'implante une faune nettement eurasiatique moderne (Ours brun, Chat sauvage, Martre, Blaireau, etc.) ; les anciennes industries font place à l'outillage sur lames du type aurignacien, divisé en plusieurs phases (I à VI). Les ossements humains, peu nombreux, rencontrés dans ces couches, appartiennent à un *Homo sapiens* à caractères primitifs.

Le Pluvial B se termine par une periode aride ; le Paléolithique supérieur est remplacé par différents faciès du Mésolithique. Son représentant le plus remarquable, le Natoufien, par ses objets d'art, ses faucilles, etc., dénote un degré de civilisation avancé. Ses auteurs sont de la race méditerranéenne.

A partir de cette époque apparaissent les dernières industries de l'âge de la pierre : Tahounien, Ghassoulien, Cananéen. Ces outillages néolithiques et énéolithiques, qui se présentent à la base de plusieurs tells, passent graduellement aux civilisations protohistoriques et historiques.

On a cru reconnaître l'existence d'un Pluvial C, de faible importance, se terminant aux environs de l'âge du bronze.

Les auteurs sont généralement d'accord pour mettre en relation le Pluvial B avec la dernière glaciation dite würmienne. La période plus sèche précédente représenterait ainsi la fin de l'interglaciaire Riss-Würm.

Ils se montrent beaucoup plus hésitants quant aux concordances possibles du Pluvial A avec les glaciations de Riss ou Mindel.

Voyons comment les *recherches faites au Liban et en Syrie* peuvent être rapportées à ce schéma.

Gisements situés géologiquement. Le R. P. A. Bergy a été le premier à signaler, près de Beyrouth, des outillages lithiques en relation avec des coupes géologiques. Le fait marquant de ces découvertes, que l'auteur a l'intention de préciser et d'amplifier, est l'existence d'une station à silex moustériformes reposant sur une plage soulevée à 8 m. Celle-ci est surmontée d'une dune consolidée, coiffée à son tour par des sables rouges à silex moustériens. A la surface de ces sols rouges, se présentent des ateliers mésolithiques, masqués souvent par des dunes mobiles (4).

R. Vaufrey (51) a mis cette plage soulevée en parallèle avec les niveaux de *mer chaude à Strombes*, recouverts de couches moustériennes, qui existent à l'altitude de 10-12 m., dans les grottes de Grimaldi.

Une terrasse marine à 8 m. se présente également près de Chekka (23) ; elle se raccorde à une plage qui bute contre le versant rocheux à 14,50 m. De nombreux outils levalloisiens, avec quelques bifaces jonchent cette plage. Dans les alluvions qui la recouvrent, se succèdent différents faciès de Moustérien, de Paléolithique supérieur, de Mésolithique, d'Enéolithique et du Bronze. La place relative de ces industries est précisée par les fouilles palestiniennes.

Nous avons pu montrer depuis (52) que la formation littorale est accompagnée d'une faune à Strombes, ce qui confirme bien les vues de Vaufrey.

Tout au long du littoral phénicien, nous rencontrons des grottes et des niches à l'altitude de 6 à 15 m., dues au niveau marin qui a laissé les plages soulevées à cette altitude. Les alluvions de remplissage dans quelques-unes de ces grottes ont été explorées : à Adloun, au Ras El Kelb, au Nahr Ibrahim, Zumoffen (55, 56, 57) découvre du Moustérien de divers faciès ainsi que des bifaces de petite taille ou de forme très évoluée (56, Pl. I et III) que l'on retrouve dans l'Acheuléen supérieur de Palestine (faites il y a 50 ans, ces fouilles n'avaient pas été stratigraphiées) ; à Abou-Halqa (25) le remplissage argileux fournit de l'Aurignacien inférieur et moyen bien caractérisé.

La faune eurasiatique tempérée des dépôts alluvionnaires dans ces grottes littorales correspond essentiellement à celle consécutive au changement faunistique observé en Palestine au cours du Levalloiso-Moustérien. Cependant, l'abri du Ras El Kelb situé à 8 m. au-dessus de la mer, a livré des dents de Rhinocéros ; Zumoffen les avait attribuées au *Rh. tychorhinus*, espèce de climat nordique, mais il paraît probable, d'après Miss Bate, qu'il s'agit plutôt de *Rh. hemitoechus*, espèce chaude rencontrée en abondance jusque dans les

niveaux moustériens. Cette observation confirme l'attribution des plages de 7 à 15 m. à l'Acheuléen final — Levalloisien, fondée sur l'Archéologie.

Les manifestations humaines antérieures à ces niveaux, sans être plus rares, sont de date géologique moins certaine.

Bergy (4) mentionne des instruments en silex, très grossiers, sur des dunes fossiles près de Beyrouth, auxquelles il donne un âge plus ancien que le rivage de 8 m.

Passemard (42) s'appuyant sur les conceptions habituellement admises pour la Méditerranée occidentale, cite une station de surface chelléo-acheuléenne à l'altitude de 69 m., aux environs de Lattaquié. De nombreuses stations subaériennes à gros outillage du type chelléo-acheuléen ont été signalées dans la même région par Baudouin et Burkhalter (3, 9). Ces auteurs ne donnent pas l'altitude de ces sites, mais d'après leur carte de distribution il n'en existe pas à moins de 15 m.

Nous sommes redevables à Passemard (38) des premières observations sur les terrasses alluviales de l'Euphrate, qui, d'après cet auteur, s'échelonnent à des altitudes voisines de 100, 60, 30 et 15 m. La terrasse de 30 m. renfermait un biface du type chelléen. Ces observations ont été contestées par M. Dubertret (18), mais mon ami R. Wetzel me confirme avoir levé, près de Sirrin, des terrasses à 60, 30 et 17 m.

Ces quelques données sur les relations du Quaternaire et du Paléolithique ancien ne permettent pas des conclusions d'un caractère plus général que celles exposées dans «Le Quaternaire côtier de la région de Tripoli», conclusions qui doivent d'ailleurs subir le feu de la critique.

Quant au Paléolithique moyen, le rapprochement du résultat des fouilles palestiniennes avec les constatations faites sur le littoral phénicien paraît établir la concordance des plages soulevées entre 7 et 15 m. avec la fin de l'Interpluvial précédent le Pluvial B, ce qui fournit une bonne base géochronologique pour situer les industries humaines à partir de l'Acheuléen supérieur. La stratigraphie archéologique donnera le détail de l'évolution de ces industries.

Gisements a succession archéologique. Le seul gisement en Syrie et au Liban présentant un grand nombre de niveaux préhistoriques et exploré systématiquement est celui de Yabroud, près de Nebek, fouillé par A. Rust en 1931/33 (47). Malheureusement, il n'en existe, à ma connaissance, qu'un rapport provisoire, très laconique. Malgré cette lacune, les résultats connus de

Yabroud sont fort intéressants, d'autant plus que la stratification de ce gisement se rapproche beaucoup de celle d'Athlit (59).

L'ensemble des trois abris de Yabroud, par un examen typologique serré, a fourni une succession de 45 niveaux. A la base se présente de l'Acheuléen supérieur interstratifié de *Yabroudien*, industrie à éclats, sans bifaces, ressemblant au Clactonien. Ce même outillage existait à Athlit parmi l'Acheuléen supérieur, mais n'avait pas pu être séparé nettement. A Yabroud, comme à Athlit, on a rencontré également, interstratifié dans l'Acheuléen supérieur, un niveau à lames et autres outils courants au Paléolithique supérieur, ressemblant à l'Aurignacien. Aurions-nous là une première apparition de la race *Homo sapiens* qui, selon certains auteurs, est liée à l'industrie lithique sur lames ? Ce niveau est recouvert par de l'Acheuléen et du Yabroudien, puis par dix couches de Moustérien de types très variés. Le Paléolithique supérieur est représenté par plusieurs niveaux d'Aurignacien et le Mésolithique par une demi-douzaine de couches, parmi lesquelles on reconnait le Natoufien ; une dernière strate, probablement néolithique, coiffe le tout.

Dans tous ces niveaux, le Cheval est prédominant — seul renseignement donné sur la faune, — ce qui différencie Yabroud, face au désert, des stations du littoral, où le Cheval est peu fréquent.

Les grottes près d'Antélias, après les premières recherches de G. Zumoffen (54, 55, 56, 57), R. Desribes (15) et A. E. Day (13), ont été fouillées systématiquement par A. Bergy et par la mission Ewing. Des ossements humains y ont été découverts. Aucune publication n'a encore été donnée sur ces fouilles ; tout ce que l'on sait (14), c'est qu'il s'agit de Moustérien, surmonté de près de 8 m. de couches d'aspect aurignacien (Antélien).

A Abou-Halqa (Tripoli) (25), un abri sous roche a livré une suite de trois niveaux identifiés avec le Paléolithique supérieur, phases I et III de Palestine. La première phase illustre la persistance de types moustériformes au delà du Paléolithique moyen.

Une succession stratigraphique existe également à Minet Dahlié (Beyrouth), atelier découvert par Bovier-Lapierre et décrit par R. Desribes (16) et R. Neuville (35) : au-dessus d'outils moustériformes, qui jonchent la surface du sol aux alentours, s'étend une double couche d'un outillage très original, sans doute de basse époque. Neuville le rattache au Tahounien de Palestine, c'est-à-dire à l'Enéolithique.

Ceci nous conduit aux couches inférieures des *Tells*. Les plus anciennes ont été atteintes, semble-t-il, à Ras Shamra (48), où des sondages profonds

ont rencontré, sur le rocher, un outillage à silex, sans tessons, attribué au Néolithique ancien. Il passe à du Néolithique supérieur, à céramique incisée, monochrome, que Cl.F.-A. Schæffer situe aux environs des 6e et 5e millénaires. Ce niveau est recouvert, à son tour, par de l'Énéolithique (4e millénaire) identique à celui de nombreux sites protohistoriques de Syrie; leur énumération dépasserait le cadre de cet aperçu.

Les caractéristiques de ces premières poteries ont été mises en lumière par M. Dunand (19). En dehors de la céramique, malgré l'usage des métaux, ce sont le silex, l'obsidienne, l'os qui continuent à fournir la matière première de l'outillage ordinaire jusque tard dans les temps historiques. L'étude de ce mobilier du déclin de l'âge de la Pierre et sa comparaison avec les industries lithiques tardives de Palestine sont à peine esquissées.

Les fouilles de Byblos ont montré que les hommes de l'Enéolithique sont de race méditerranéenne, étroitement apparentés aux Natoufiens (Mésolithique de Palestine) (50). Ce ne sera qu'au cours du 2e millénaire que ces populations dolichocéphales céderont la place peu à peu aux mésocéphales phéniciens et brachycéphales arménoïdes, venus du Nord, qui peuplent le littoral de nos jours.

Récoltes de surface et fouilles non stratifiées. Celles-ci n'offrent généralement qu'un intérêt médiocre du fait que s'y mélangent très souvent des industries anciennes et récentes, que nous ne savons pas encore isoler nettement. C'est le cas, par exemple des stations des sables de Beyrouth (16, 30, 31, 57, 58). Les récoltes de surface ont cependant permis de constater l'existence, dans nos régions, de certains types d'outils que l'on n'a pas encore rencontrés dans des gisements stratifiés. Par analogie avec des formes similaires d'Europe, on les a rattachés au Campinien, Acheuléen, Chelléen, etc. Des ateliers de surface de ces deux derniers types sont nombreux et des récoltes abondantes en ont été faites même dans des endroits désertiques de l'intérieur (R.P. Poidebard, *Field Museum*).

BIBLIOGRAPHIE

Les astérisques indiquent les ouvrages décrivant des gisements stratigraphiés.

A. *SYRIE ET LIBAN*

1. T. J. Arne. — Stenaldersfynd fran Nord-syrien. Fornvännen III, p. 1, 1908.
2. T. J. Arne. — Découvertes paléolithiques dans le Nord de la Syrie. *L'Anthropologie*, t. 20, p. 23-29, 1909.
3. A. Baudouin et L. Burkhalter. — Station chelléenne et acheuléenne de surface à Kalaat Yahmour (Alaouites). *Bull. Soc. préh. Fr.*, 7-8, 4 p., 1930.

4* A. Bergy. — Le Paléolithique ancien stratifié de Ras-Beyrouth. *Mélanges Université St.-Joseph*. Beyrouth, XVI, f. 5, p. 169-217, pl. XIV-XXVII, 1932.

5. M. Blanckenhorn. — Die Steinzeit Palaestinas, Syriens und Nordafrikas. Das Land der Bibel, III, 5-6, IV, 1, 1921.
6. P.-E. Botta. — Observations sur le Liban et l'Anti-Liban. *Mém. Soc. géol. Fr.* 1re série, t. 1, p. 135, 1880.
7. P. Bovier-Lapierre. — Stations préhistoriques de Beled Becharra (Haute Galilée). *La Géographie*, t. 17, p. 77-79, 1908.
8. P. Bovier-Lapierre. — Note (sans titre). *Mélanges Faculté Orientale*, Beyrouth, t. IV, p. 207, 1908.
9. L. Burkhalter. — Notes sur les Stations Préhistoriques du Gouvernement de Lattaquié. *Bull. Soc. préh. Fr.*, t. XXX, No. 11, 7 p., 1933.
10. G. Chenet. — Sur les traces de l'Homme Préhistorique en Pays Alaouite et dans la vallée de l'Oronte. *Sciences et Voyages*, No. 748, p. 5-7, 1933, No. 749, p. 6-7, No. 750, p. 10-12, 1934.
11. J. Chester. — Notes on Ruad and Adjacent places of Northern Syria. *Quarterly Statements Pal. Exploration Fund*, p. 226-227, 1875.
12. J. W. Dawson. — Notes on Prehistoric Man in Egypt and the Lebanon. *Journal of the transactions of the Victoria Institute*, p. 1-15, 1884.
13. A. E. Day. — L'Abri sous roche de Ksar 'Akil près de la Grotte d'Antélias. *Université Américaine*, Beyrouth, 1926, 1 feuillet.
14. Mme Delcourt. — Observations sur l'Abri de Ksar 'Akil. *Bull. Soc. préh. Fr.*, V. 24, p. 156-161, 1927.
15. R. Desribes. — Harpons trouvés dans la brèche paléolithique d'Antélias. *L'Anthropologie*, V. 14, p. 213, 1914.

16* R. Desribes. — Industries Paléolithiques en Phénicie. *Mélanges Faculté Orientale Beyrouth*, VII, p. 189-210, 18 pl., 1921.

17. G. F. Dolfuss. — Die Praehistorische Geologie im Orient (Syrien und Aegypten). *Petermann's Mitteilungen*, Gotha, V. 57, t. 2, p. 17, 1911.
18. L. Dubertret, H. Vautrin et A. Keller. — La stratigraphie du Pliocène et du Quaternaire marins de la côte syrienne. *Notes et Mém. Sect. Géol.*, Beyrouth, t. II, p. 119, 1937.

19. M. Dunand. — Remarques sur la Céramique archaïque des pays cananéens. *Berytus*, V. II, Université Américaine, Beyrouth, 4 p. 2 fig., 1936.
20. O. Fraas. — Aus dem Orient, 2. Teil. Stuttgart, p. 107-126, 1878.
21. K. V. Fritsch. — Die Funde des Herrn Pater Gottfried Zumoffen in den Höhlen am Fusse des Libanon. *Abh. der Naturf. Ges. Halle.*, 41 p., pl. V-VIII, 1893.
22. D.A.E. Garrod et G.B. Gardner.— Les dunes consolidées moustériennes de Syrie et Palestine. *La Nature*, 1er mai 1935.
23* J. Haller. — Notes de Préhistoire Phénicienne. La carrière d'argile de la Société des Ciments Libanais à Chekka (Liban). *Bull. Musée de Beyrouth*, t. IV, p. 55-62, 4 pl., 1942.
24* J. Haller. — Notes de Préhistoire Phénicienne. Le Gisement Levalloisien d'Amrit. *Bull. Musée de Beyrouth*, t. V., p. 31-33, 1 fig., 1943.
25* J. Haller. — Notes de Préhistoire Phénicienne. La grotte de Abou-Halka (Tripoli). *Bull. Musée de Beyrouth*, t. VI, 8 p., 6 pl., 1944.
26. P. Karge. — Rephaim. Die vorgeschichtliche Kultur Palaestinas und Phoeniciens. Paderborn, 2e éd., 755 p., 1925.
27. W. V. Landau. — Praehistorische Funde unweit Sidons und Gebail (Byblos). *Zeitschr Ethnogr*, t. 37, p. 207-211, 1905.
28. L. Lartet. — Vestiges des temps préhistoriques en Syrie et Palestine. Voyage d'Exploration à la Mer Morte, Chap. XI, p. 213-240, Paris, Bertrand, 1877.
29. G. Lortet. — La Syrie d'Aujourd'hui. Voyage dans la Phénicie et la Judée. Paris, Hachette, p. 139-529, 1884.
30. Mme de Luppé. — Silex taillés des environs de Beyrouth. *Bull. Soc. Préh. Fr.* t. XXIII, p. 32, 1926.
31. Mulier (Abbé) et P.-E. Guigues.— Sur le néolithique de Ras Beyrouth. *La Nature*, 25 juillet 1896.
32. P. J. Nasrallah. — Mélanges de Préhistoire Syrienne. *Rev. Archéologique Syrienne*, t. V, p. 49-52, 1937.
33. Fr. Neophytus. — La Préhistoire en Syrie-Palestine. *L'Anthropologie*, XXVII, p. 313, 1917.
34. Fr. Neophytus et P. Pallary. — La Phénicie Préhistorique. *L'Anthropologie*, XXV, p. 1, 1914
35* R. Neuville. — Notes de Préhistoire syro-palestinienne. VII. L'industrie dite solutréenne de Minet Dahlie. VIII. La station de l'Ouadi Hallaoue (Liban). *Journal Palestine Oriental Soc.*, XIII, 1933.
36. H. Obermayer.—Syrien. Kuestenbewegungen. Reallexikon f. Vorgeschichte. Ebert, Leipzig, t. VIII, p. 20, 32 et 853, 1928.
37. L. Passemard. — Recherches d'ordre préhistorique dans le Liban. *C. R. Ac. Inscr. Belles Lettres*, Paris, p. 263, 1924.
38. L. Passemard. — Les terrasses alluviales de l'Euphrate et les industries qu'elles contiennent. *C.R.A.S.*, p. 365-368, 1926.
39. L. Passemard. — Recherches préhistoriques dans les territoires de Syrie, du Liban et des Alaouites. *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, Congrès de Lyon. p. 462-465, 1926/7.
40. L. Passemard. — Le Chalosséen en France, en Égypte et en Syrie. *Syria*, VIII, p. 342-351, 2 fig., 1927.
41. L. Passemard. — Mission en Syrie et au Liban. *Bull Soc. Préh. Fr.*, V. 24, p. 70-74, 1927.

42. L. Passemard. — La Station chelléenne de Khillalé près Lattaquié. *Syria*, V. VIII p. 169-173, ill., 1927.
43. C. Peabody. — Notes on Prehistoric Palestine and Syria. *American Anthropologist.* V. 17, 1915.
44. L. Pelagaud. — La Préhistoire en Syrie. *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, 9e sess. Reims, p. 848-857. 1880.
45. L. Picard. — Inferences on the Problem of the Pleistocene Climate of Palestine and Syria drawn from flora, fauna and stratigraphy. *Proc. Prehistoric Soc.* New Series, t. V. p. 58-70, 1937.
46. Lt. Potut. — La Préhistoire dans la région de Damas. *Bull. Soc. Préh. Fr.*, t. XXXIV. No. 2, 1937.
47* A. Rust. — Beitrag zur Erkenntnis der Abwicklung der vorgeschichtlichen Kulturperioden in Syrien. *Praehist. Zeitschr.*, XXIV, 3/4. p. 205-218, 4 fig., 1933.
48. Cl. F.-A. Schaeffer. — Ugaritica. Paris, Geuthner. t. III, p. 1-15. 3 fig., 1939.
49. H.B. Tristram. — The Land of Israel. Londres. p. 10-13, 1866.
50. H.-V. Vallois. — Note sur les ossements Humains de la Nécrolopole Enéolithique de Byblos. *Bull. Musée de Beyrouth.* I, p. 23-33. 2 pl., 1937.
51. R. Vaufrey. — (Analyse du 4). *L'Anthropologie.* XLIII, 5-6, p. 573, 1933.
52. R. Wetzel et J. Haller. — Sur le Quaternaire côtier de la région de Tripoli. *Publ. techn. et scientif. École Fr. Ing. Beyrouth.* 3 p., 3 fig., 1944.
53. C. Wolley. — Guide to the Archaeological Museum of the American University of Beyrouth. The Stone Age. Université Américaine, Beyrouth, p. 1-3, 1921.
54. G. Zumoffen. — L'Homme Préhistorique d'Antélias. *Nature*, 29 avril 1893.
55. G. Zumoffen. — L'Age de la Pierre en Phénicie. *L'Anthropologie.* VIII. p. 272-283 et 426-438, 1898.
56. G. Zumoffen. — La Phénicie avant les Phéniciens. Impr. Cathol., Beyrouth, 1900.
57. G. Zumoffen. — L'Age de la Pierre en Phénicie. *Anthropos* III p. 431-455 ill., 1908.
58. G. Zumoffen. — Le Néolithique en Phénicie. *Anthropos* V p. 143-162 ill., 1910.

B. *PALESTINE (Choix d'ouvrages)*

59. D.A.E. Garrod et D.M.A. Bate. — The Stone Age of Mount Carmel. Oxford, t. 1, 227 p., 55 pl., 1939.
60. R. Neuville. — Le Préhistorique de Palestine. *Revue Biblique*, Jérusalem. p. 1-23, 11 pl. 1 tabl., 1934.
61. L. Picard. — Structure and Evolution of Palestine. Quaternary. Université Hébraïque, Jérusalem, p. 84 ss., 1943.

C. *Ouvrages de Préhistoire générale mentionnant la Syrie et le Liban*

62. M. Boule. — Les Hommes Fossiles. Masson. Paris. 1924.
63. R. Furon. — Manuel de Préhistoire Générale. Payot. Paris, 398 p., 2 tabl., 8 pl., 150 cartes et fig., 1939.
64. V. G. Childe. — L'Orient Préhistorique (Traduction E.-J. Lévy). Payot. Paris, 298 p. 102 fig. 1 carte, 32 pl., 1935.
65. O. Menghin. — Weltgeschichte der Steinzeit. Anton Scholl, Vienne. 648 p. 50 pl., 1931.
66. D. Morgan. — La Préhistoire Orientale. Paris, Geuthner V. 3, pp. 1-18, 1926.

SUR LES ANOMALIES DE LA PESANTEUR EN SYRIE ET AU LIBAN

DISCUSSION ET INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE DES OBSERVATIONS FAITES PAR LE R.P. P. LEJAY EN 1936

PAR

ALAIN BOURGOIN

En 1936 le R. P. P. Lejay, correspondant de l'Académie des Sciences, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, effectuait une série de déterminations absolues de la pesanteur en Syrie et au Liban. Pendant les deux mois que dura son séjour, il fit une cinquantaine de stations et les résultats parurent en 1938, dans un fascicule édité par le Comité National Français de Géodésie et de Géophysique, sous le titre : Exploration gravimétrique des Etats du Levant sous Mandat Français.

L'ouvrage comprend une description des stations, le détail et le tableau des observations, la discussion des résultats et une carte des isanomales de Bouguer. Il marque une étape importante de nos connaissances sur les anomalies de la pesanteur en Syrie, car, jusqu'alors deux mesures seulement avaient été effectuées, l'une à Ksara, l'autre à Bab, et au moyen du pendule Defforges du Service Géographique de l'Armée.

Les mesures du P. Lejay ont été faites avec le pendule Holweck-Lejay, dont la fidélité et la précision sont bien établies. Elles constituent un réseau de points assez serré pour permettre d'aborder une corrélation avec les données géologiques et magnétiques déjà assez développées grâce à L. Dubertret et J. Chevrier. Le P. Lejay avait d'ailleurs demandé à L. Dubertret de compléter son texte d'une interprétation géologique, mais ce dernier n'a pas donné suite à la proposition, de crainte de dépasser les faits concrets.

L'objet de notre étude est de préciser les valeurs des anomalies de

Bouguer, car les calculs du R. P. Lejay reposent en partie sur des données jadis mal connues, qu'il est possible de préciser aujourd'hui :

1) altitudes : dans son tableau d'observations p. 48-50, le P. Lejay note en italique plusieurs altitudes peu sûres, relevées au baromètre ou sur de mauvaises cartes ; le progrès des travaux cartographiques permet désormais quelques rectifications.

2) corrections topographiques : elles avaient été négligées et sont d'ailleurs dans l'ensemble peu importantes, mais elles jouent nettement pour plusieurs stations.

3) densité des terrains : ses valeurs avaient été évaluées au juger d'après les affleurements de surface ; nous les calculons d'après des coupes probables des terrains qui nous ont été fournies par L. Dubertret.

Enfin, nous avons calculé l'influence de la fosse méditerranéenne, afin de déterminer si les anomalies positives observées, en particulier sur les stations côtières, étaient dues, soit à la compensation isostatique marine, soit à la proximité d'un socle cristallin ou de magma basique.

Les divers calculs ont été faits durant un séjour de près d'un an à la Mission Géologique de la Délégation Générale de France au Levant, où j'ai eu l'occasion de discuter maintes fois avec M. Dubertret, Chef de la Mission Géologique, de la corrélation des données gravimétriques et géologiques. Quelque notions se dégagent finalement, qui ne sont pas sans intérêt et que je discuterai après la révision des calculs.

Je désire exprimer à M. Dubertret toute ma reconnaissance de m'avoir apporté l'aide de ses conseils et de son expérience. Je remercie également le Colonel Gladieux, Directeur du Service Géographique des F.F.L., qui a bien voulu mettre à ma disposition les documents de son service.

I DÉFINITION DES TERMES EMPLOYÉS

1) *Valeur conclue pour la gravité du lieu.*

Elle est déduite de la période d'oscillation du pendule Holweck affectée des corrections séculaire et de température. Elle est désignée par la lettre g.

2) *Réduction des valeurs de g au niveau de la mer, dite réduction à l'air libre.*

La correction d'altitude tient compte du fait que l'attraction terrestre diminue au fur et à mesure que l'on s'élève. L'intensité réduite, représentée par la lettre g_o, est donnée par la formule de Helmert :

$$g_o = g + 0,0003086\ H - 0,000072 \, . \, 10^{-6}\ H^2$$

où H est exprimé en mètres, g et g_o en gals (cm. sec $^{-2}$)

3) *Terme de* Bouguer.

Entre le point de station et la surface du géoïde se trouvent des terrains dont on doit éliminer l'attraction. Autrement dit, dans le cas d'une station en montagne, la correction de Bouguer exprime le fait que le pendule n'oscille pas suspendu à une certaine altitude, mais que son socle repose sur une masse de sol. Le terme de Bouguer a pour valeur, en supposant que la station soit située sur un plan indéfini et homogène :

$$\frac{3}{4} \frac{\delta}{\Delta} (g - g_o).$$

où δ est la densité moyenne des terrains avoisinants, et Δ la densité moyenne de la terre, soit 5.52.

4) *Correction topographique.*

En fait le point de station n'est pas situé sur un plateau indéfini, mais est entouré d'un paysage accidenté, à saillies et creux. Les unes et les autres produisent une diminution de l'intensité observée et entraînent des corrections positives.

La valeur réduite g_o, corrigée du terme de Bouguer et des attractions topographiques, est désignée par g''_o :

$$g''_o = g_o + \frac{3}{4} \frac{\delta}{\Delta} (g - g_o) + \text{correction topographique.}$$

C'est l'intensité réduite par correction totale de Bouguer.

5) *Valeur théorique de la pesanteur normale au lieu considéré.*

La géodésie fournit la valeur théorique γ'_0 de la pesanteur en un lieu de latitude λ (formule internationale 1930).

$$\gamma'_0 = 978,0490\,(1 + 0,0052884 \sin^2 \lambda - 0,0000059 \sin^2 2\lambda).$$

6) *Anomalie à l'air libre.*

Sa valeur est $g_0 - \gamma'_0$.

7) *Anomalie de* Bouguer.

Sa valeur est $g''_0 - \gamma'_0$.

Elle traduit la structure géologique profonde du sous-sol, mais ne reflète pas le détail des accidents locaux de la région considérée.

8) *Principe d'isostasie.*

La réduction de Bouguer, au lieu de ramener l'intensité de la pesanteur à la valeur théorique, l'en éloigne davantage. On constate en général qu'aux montagnes correspondent des déficits de pesanteur proportionnels à l'altitude,

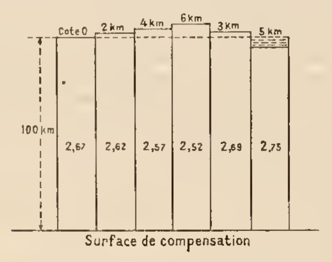


Fig. 1.— Schéma de l'isostasie selon Pratt.

aux océans des excès proportionnels à la profondeur ; d'où le *principe d'isostasie*, selon lequel tous les compartiments verticaux du globe de même surface ont la même masse, quel que soit leur relief.

Diverses hypothèses d'Airy, de Pratt, de Faye, ont proposé une répartition verticale des densités obéissant à l'isostasie. Celle de Pratt aboutit à des résultats analogues à ceux qui résultent de l'application de la théorie originale d'Airy et permet des calculs plus simples ; aussi l'adopterons-nous.

Pratt admet, comme l'illustre la figure empruntée à un article de M. Heiskanen (*Bulletin géodésique*, N° 30, avril, mai, juin, 1931), qu'au-dessus

d'une surface dite de compensation et supposée tantôt à 60, tantôt à 113, ou 122, 2 Km. de profondeur, chaque compartiment a le même poids. Les compartiments montagneux auraient donc une densité moyenne plus faible que les compartiments marins.

9) *Anomalies de* BOUGUER *corrigées de la compensation isostatique de la fosse méditerranéenne.*

L'hypothèse précédente montre que les terrains sous les océans sont de densité relativement plus forte. La présence de la mer Méditerranée va donc se traduire sur le littoral par des anomalies positives. Ces valeurs peuvent se calculer et l'on peut en corriger les valeurs g''_0 de la pesanteur. On obtient ainsi les anomalies de BOUGUER telles qu'elles seraient si les terrains de la fosse méditerranéenne avaient une densité uniforme de 2,67.

II ERREURS POSSIBLES. LEUR IMPORTANCE

1) *Valeur conclue pour la gravité du lieu.*

Il est admis que le pendule Holweck-Lejay donne les valeurs absolues de la pesanteur à 1 ou 2 milligals près (10). Le détail des observations du P. LEJAY confirme ce point.

2) *Réduction à l'air libre.*

D'après la formule de Helmert, une erreur de cote de 3 m. entraine une erreur sur g_0 de près de 1 milligal. Les cotes des points géodésiques du troisième ordre sont connues à 0,50 m. près, celles des points cotés de la carte le sont à 2 m. ou 3 m. près. Les cotes obtenues par interpolation entre courbes de niveau sur la carte au 1/50.000 (lever régulier) sont exactes à 5 m. près en plaine, à 10 m. près en montagne ; sur la carte au 1/200.000, à 20 m. près.

La plupart des altitudes ont été relevées sur des cartes au 1/50.000 et l'erreur maximum est dans ces conditions de 3 milligals.

3) *Terme de* BOUGUER.

On a vu que sa valeur était en négligeant les termes en H^2 :

$$\frac{3}{4}\frac{\delta}{\Delta}(g - g_0) = -\frac{3}{4}\frac{\delta}{\Delta}.\ 0,0003086\ H.$$

Une erreur $d\delta$ se traduit par une variation en milligals du terme de BOUGUER de $d\,\delta\,.\,0,0419\ H$.

Soit, pour $d\delta = 0{,}1$, une erreur de 1 milligal pour environ 240 m. d'altitude et de 7 milligals pour les stations les plus élevées.

4) *Correction topographique.*

Les corrections topographiques se calculent à partir de l'altitude moyenne des reliefs avoisinant la station. On a vu qu'elles sont faibles. Comme on opère sur un grand nombre de compartiments et que la correction pour chacun d'eux est de l'ordre de quelques dixièmes de milligals, on peut s'attendre à ce que la somme des écarts soit nulle.

5) *Valeur théorique de la pesanteur* (formule internationale).

En négligeant le terme en $\sin^2 2\lambda$, on a :

$d\gamma'_0 = 978{,}0490.\ 0{,}0052884 \sin 2\lambda\ d\lambda.$

2λ, dans les régions étudiées, est toujours voisin de 60°, d'où $\sin 2\lambda = \frac{1}{2}$ et

$$d\gamma'_0 = 2{,}6\ d\lambda$$

soit sensiblement une variation de 1 milligal pour une erreur de 1 minute sexagésimale.

6) *Anomalie de* Bouguer $(g''_0 - \gamma'_0)$.

On supposera que γ'_0 est connu et qu'il ne peut être commis d'erreur que sur g''_0.

— Si δ est exact, voisin de 2,5 et g_0 connu à 3 milligals près, l'erreur sur g''_0 est de 2 milligals pour les stations au-dessus du niveau de la mer, de 4 milligals pour les stations en dessous du niveau de la mer.

— Si δ est connu de façon peu précise, on a :

$$d\,g''_0 = 0{,}0003086 \left[d\,H - \frac{3}{4\,\Delta} (d\delta.\ H + \delta.\ d\,H) \right]$$

soit une erreur de 2 à 5 milligals pour une erreur de 0.1 sur la densité pour les stations les plus élevées.

7) *Corrections isostatiques.*

Effectuées d'après les mêmes procédés que les corrections topographiques, on peut admettre que les erreurs se compensent.

III TABLEAU DES OBSERVATIONS ET CALCULS DU R.P. P. LEJAY

(reproduction textuelle des p. 46-50 de son mémoire)

« Le tableau suivant résume les observations ; il donne:

colonne 1 : le nom de la station.
colonne 2 : la latitude en degrés.
colonne 3 : la longitude Greenwich en degrés.
colonne 4 : l'altitude en mètres (1).
colonne 5 : la densité du sous-sol supposée. δ
colonne 6 : la date des observations.
colonne 7 : la valeur g conclue pour la gravité du lieu, par le pendule 42 bis.
colonne 8 : la valeur g conclue par le pendule 622 ou 622 bis.
colonne 9 : la valeur g adoptée.
colonne 10 : la valeur g_0, réduite au géoïde, par application de la correction d'altitude (réduction à l'air libre) $g_0 = g + \text{H}$, où $\text{H} = 3086 \times h \times 10^{-7}$ (h = alt. en mètres).
colonne 11 : la valeur g''_0 de la pesanteur réduite au géoïde, par application de la correction à l'air libre et de la correction de Bouguer :

$$g''_0 = g_0 + \frac{3\delta}{4\Delta} (g - g_0).$$

où Δ est la densité moyenne de la terre (5,52).

colonne 12 : la valeur γ_0 de la pesanteur normale au lieu considéré, donnée par la formule de Helmert 1901.
colonne 14 : l'anomalie de Bouguer ($g''_0 - \gamma_0$). par rapport à la même valeur normale.
colonne 15 : la valeur normale γ'_0 de la pesanteur au lieu en question sur l'ellipsoïde international (Tables de W. D. Lambert, *Bulletin géodésique*, 1931, p. 327) :

$$\gamma'_0 = 978{,}0490\ (1 + 0{,}0052884 \sin^2\lambda - 0{,}0000059 \sin^2 2\lambda)$$

colonne 16 : l'anomalie à l'air libre ($g_0 - \gamma'^0$), par rapport à la même valeur normale internationale.
colonne 17 : l'anomalie de Bouguer ($g''_0 - \gamma'_0$), par rapport à cette valeur internationale.
colonne 18 : l'écart entre la valeur donnée par le pendule 42 bis et la valeur adoptée, en milligals.
colonne 19 : l'écart entre la valeur donnée par le pendule 622 ou 622 bis et la valeur adoptée, en milligals.

«Les valeurs de la gravité sont exprimées en gals (1 gal = 1cm.sec.$^{-2}$) et les valeurs des anomalies en milligals. (1 milligal = 10^{-3} cm.sec.$^{-2}$)»

«(1) Les altitudes des stations sujettes à rectification sont en italiques».

TABLEAU DES OBSERVATIONS ET CALCULS DU R. P. LEJAY

STATIONS (58)	LAT.	LONG. E. Grwich	ALT.	δ	DATE	g P. 42 *bis*	g P. 622	g adopté	g_0	g''_0	FORM. DE HELMERT (1901)			FORM. INTERN. (1930)			Δ42	Δ622
											γ_0	$g_0-\gamma_0$	$g''_0-\gamma_0$	γ'_0	$g_0-\gamma'_0$	$g''_0-\gamma'_0$		
1	2	3	4 m	5	6 1936	7 g	8 g	9 g	10 g	11 g	12 g	13 mg	14 mg	15 g	16 mg	17 mg	18 mg	19 mg
Alexandrette .	36°35'	36°11	4	2,5	5. XI	979.857	979.856	979.856	979.857	979.857	979.865	— 8	— 8	979.881	— 24	— 24	+ 1	0
Beyrouth . .	33 53	35 30	55	2,6	7	690	690	**979.690**	707	701	636	+ 71	+ 65	652	+ 55	+ 49	0	0
Ksara. . . .	33 50	35 52	910	2,6		428	426	**979.426**	707	604	631	+ 76	— 27	647	+ 60	— 43	+ 2	0
Djdeidé. . . .	33 39	35 58	*1245*	2,7	10. XI	979.374	979.363	979 368	979.752	979.606	979.616	+ 16	— 10	979 632	+120	— 26	+ 6	— 5
Damas.	33 30	36 19	670	2,6	11	432	427	430	637	561	604	+ 33	— 43	620	+ 17	— 59	+ 2	— 3
Abou-Chamate	33 39	36 53	729	2,6	12		439	439	664	582	616	+ 48	— 34	632	+ 32	— 50		
Saba-Biar . . .	33 46	37 42	820	2,6	13	432	428	430	683	591	626	+ 57	— 35	642	+ 41	— 51	+ 2	— 2
Djebel-Tenf. .	33 29	38 40	708	2,5	13		410	410	628	552	602	+ 26	— 50	618	+ 10	— 66		
Bir el-Helba .	34 4	38 27	*570*	2,5	13. XI		979.490	979.490	979.666	979.604	979.651	+ 15	— 47	979.667	— 1	— 63		
Dj. el-Merra. .	34 52	38 12	*1140*	2,6	14	979.491		491	843	714	718	+125	— 4	734	+109	— 20		
Palmyre. . . .	34 32	38 17	418	2,6	15	587		587	716	669	690	+ 26	— 21	706	+ 10	— 37		
T3.	34 30	38 45	410	2,5	15	576		576	703	558	687	+ 16	— 29	703	0	— 45		
T2.	34 22	40 9	401	2,5	16	603		603	727	683	676	+ 51	+ 7	692	+ 35	— 9		
Abou-Kémal .	34 27	40 55	174	2,5	17. XI	979.653		979.653	979.707	979 688	979.683	+ 24	+ 5	979.699	+ 8	— 11		
Deir ez-Zor . .	35 20	40 9	214	2,5	18	720		720	786	763	758	+ 28	+ 5	774	+ 12	— 11		
T2.	34 22	40 9	401	2,5	18	597		597	721	677	676	+ 45	+ 1	692	+ 29	— 15		
Deir ez-Zor . .	35 20	40 9	214	2,5	19	721		721	789	766	758	+ 31	+ 8	774	+ 15	— 8		
Hassetché. . .	36 29	40 45	315	2,6	19	794		794	891	857	856	+ 35	+ 1	872	+ 19	— 15		
Tell-Allo . .	36 54	41 47	425	2.6	20. XI	979.779		979.779	979.910	979.862	979.893	+ 17	— 31	979.908	+ 2	— 46		
Aïn-Divar. . .	37 16	42 12	450	2,6	21	756		756	895	844	925	— 30	— 81	940	— 45	— 96		
Kaméchlié . .	37 3	41 13	465	2,6	22. XI	979.782		979.782	979.926	979.873	979.906	+ 20	— 33	979.921	+ 5	— 48		
Ras el-Aïn .	36 50	40 4	355	2,6	23	799		799	909	869	887	+ 22	— 18	902	+ 7	— 33		
Tell-Abiad . .	36 42	38 58	349	2,5	24	786		786	894	856	876	+ 18	— 20	891	+ 3	— 35		
Rakka.	35 57	39 1	252	2,5	25	764		764	842	815	811	+ 31	+ 4	826	+ 16	— 11		
Meskéné . .	36 1	38 5	300	2,6	25	750		750	843	809	817	+ 26	— 8	832	+ 11	— 23		
Alep.	36 12	37 10	380	2,6	26. XI	979.761		979.761	979.878	979 836	979 832	+ 46	+ 4	979.848	+ 30	— 12		
Antioche . . .	36 12	36 10	82	2,5	26	840		840	865	856	832	+ 33	+ 24	848	+ 17	+ 8		
El-Ourdou . .	35 53	36 4	401	2,6	27	745		745	869	824	805	+ 64	+ 19	821	+ 48	+ 3		
Lattaquié. . .	35 31	35 47	6	2,5	27	773		773	775	774	774	+ 1	0	789	— 14	— 15		
Tripoli	34 26	35 50	7	2,5	27	704	979.706	705	707	706	682	+ 25	+ 24	698	+ 9	+ 8	— 1	+ 1
Beharré	34 15	36 1	*1395*	2,7	28. XI	979.410	979 415	979.412	979.842	979.679	979.666	+176	+ 13	979.682	+160	— 3	— 2	+ 3
Beyrouth . .	33 53	35 30	55	2,6	29	690	690	**979.690**									0	0
Beyrouth . .					1. XII		690	**690**										0
Dahr el-Baidar	33 49	35 47	1505	2,6	1	357	359	358	823	653	630	+193	+ 23	646	+177	+ 7	— 1	+ 1
Baalbek. . . .	34 0	36 12	1130	2,6	1	403	404	403	751	624	646	+105	— 22	661	+ 90	— 37	0	+ 1
Ksara. . . .	33 50	35 52	910	2,6	2. XII	979.428	979 430	**979.426**									+ 2	+ 4
Ksara. . . .					2	426	426	**426**									0	0
Nebek.	34 1	36 44	1290	2,6	3	348		348	979.746	979.601	979.647	+ 99	— 46	979.663	+ 83	— 62		
Homs	34 43	36 43	507	2,5	3	579	578	578	734	679	706	+ 28	— 27	722	+ 12	— 43	+ 1	0
Hama	35 8	36 45	*310*	2,5	3	697	694	695	791	757	741	+ 50	+ 16	757	+ 34	0	+ 2	— 1
Massiaf. . . .	35 4	36 20	485	2,5	3. XII	979.676	979.676	979.676	979.826	979.773	979.736	+ 90	+ 37	979.751	+ 75	+ 22	0	0
Maaret-en-Nomane . .	35 39	36 39	570	2,5	4	694	693	693	869	807	748	+ 85	+ 23	801	+ 68	+ 6	+ 1	0
Idlib	35 56	36 37	445	2,6	4	737	732	735	872	822	809	+ 63	+ 13	825	+ 47	— 3	+ 2	— 3
Djisr-ech-Choghour. . . .	35 48	36 18	131	2,6	4	781		781	821	807	798	+ 23	+ 9	814	+ 7	— 7		
Tartous	34 54	35 53	6	2,5	5. XII	979.377	979.773	979.773	979.776	979.775	979.721	+ 55	+ 54	979.737	+ 39	+ 38	**— 1**	0
Krack des Chevaliers .	34 47	36 18	650	2,6	6		605	605	805	732	711	+ 94	+ 21	727	+ 78	+ 5		
Beyrouth . .	33 53	35 30	55	2,6	6	685	685	**979 690**									— 5	— 5
Djezzine. . . .	33 33	35 35	*945*	2,6	6	444	441	979.442	733	627	608	+125	+ 19	624	+109	+ 3	+ 2	— 1
Tyr	33 15	35 12	4	2,5	7	643	643	643	644	644	583	+ 61	+ 61	599	+ 45	+ 45	0	0
Tibériade . . .	32 47	35 32	*-200*	2,6	7. XII	979.604	979.605	979.604	979.542	979.565	979.544	— 2	+ 21	979.561	— 19	+ 4	0	+ 1
Jérusalem. . .	31 50	35 11	775	2,6	8	332	334	333	572	485	467	+105	+ 18	483	+ 89	+ 2	— 1	+ 1
Nazareth . . .	32 42	35 18	*350*	2,6	8	514	516	515	623	584	538	+ 85	+ 46	554	+ 69	+ 30	— 1	+ 1
Ezraa	32 51	36 15	574	2,6	9	419	422	421	598	533	550	+ 48	— 17	566	+ 32	— 33	— 2	+ 1
Soueida. . . .	32 42	36 34	*1070*	2,6	9	301	301	301	631	511	538	+ 93	— 27	554	+ 77	— 43	0	0
Qouneitra. . .	33 7	35 49	945	2,6	10. XII		979.393	979.393	979.684	979.578	979.572	+112	+ 6	979.588	+ 96	— 10		

ETATS du LEVANT
Sous mandat Français
ISANOMALES de BOUGUER

Fig. 2. — Carte publiée par le R.P. Lejay

IV RÉVISION DES CALCULS DU R.P. LEJAY

1) *Réduction à l'air libre.*

Les cotes ont été calculées d'après les cartes au 1/50.000 et 1/200.000 du Service Géographique des F.F.L.

2) *Terme de* Bouguer.

Les densités suivantes, à la suite des mesures du laboratoire de la Raffinerie de Tripoli, ont été adoptées :

Alluvions . . . . = 2,0
Marne . . . . = 2,3
Marne crayeuse . . . . = 2,3
Grès . . . . = 2,3
Gypse . . . . = 2,3
Calcaire poreux . . . . = 2,4
Calcaire crayeux ou marneux . . = 2,4
Conglomérat peu compact . . . = 2,4
Calcaire et calcaire dolomitique compact . . . . = 2,6
Basalte . . . . = 2,8
Roches vertes, diorites, pyroxénites = 3,0

Des coupes stratigraphiques approchées des stations ont servi à déterminer la densité moyenne des terrains sous-jacents jusqu'au niveau de la mer, pour le terme de Bouguer. Pour les stations côtières ou de faible altitude, une densité approchée suffit.

Coupes de terrain adoptées pour le calcul du terme de Bouguer

Localité	*Altitude*	*Coupe jusqu'au niveau de la mer*		*d moyenne*
Ksara	910 m.	conglomérat	100 m.	d = 2,4
		marne lacustre	200 m.	
		calcaire compact	100 m.	
		calcaire marneux et marne	510 m.	
Jdaïdé	1290 m.	argile, grès	150 m.	d = 2,55
		calcaire compact	1140 m.	
Damas	695 m.	alluvions meubles	150 m.	d = 2,3
		basalte	100 m.	
		marne crayeuse	445 m.	
Khâne Abou Chamâte	733 m.	basalte	100 m.	d = 2,45
		marne	400 m.	
		calcaire dolomitique	233 m.	
Sabaa Biar	820 m.	calcaire	150 m.	d = 2.4
		marne	500 m.	
		calcaire compact	170 m.	

JEBEL TENNF	708 m.	marne lacustre	50 m.	d = 2,5
		calcaire	100 m.	
		marne	150 m.	
		calcaire dolomitique	408 m.	
BIR EL HELBA	548 m.	marne	300 m.	d = 2,4
		calcaire dolomitique	248 m.	
JEBEL EL MARÂH	1060 m.	calcaire dolomitique.		d = 2,6
PALMYRE	410 m.	conglomérat peu compact . . .	150 m.	d = 2,4
		calcaire.	200 m.	
		marne	60 m.	
T3 (Station de pompage)	410 m.	alluvions	50 m.	d = 2,4
		grès rouge	100 m.	
		calcaire plus ou moins compact. .	260 m.	
T2 id.	401 m.	calcaire poreux	50 m.	d = 2,4
		calcaire crayeux à silex	200 m.	
		marne	151 m.	
ABOU KÉMÂL	182 m.	gypse		d = 2,3
DEIR EZ ZOR	214 m.	gypse		d = 2,3
HASSETCHÉ	315 m.	gypse		d = 2,3
TELL AALO	425 m.	basalte	75 m.	d = 2,4
		grès (*Upper Fars*)	200 m.	
		gypse et calcaire (*Lower Fars*) . .	150 m.	
AÎN DIVAR	450 m.	basalte	50 m.	d = 2,4
		grès et argile	400 m.	
QAMICHLÎYÉ	475 m.	alluvions	100 m.	d = 2,3
		grès (?)	100 m.	
		calcaire poreux	275 m.	
RÂSS EL AÎN	355 m.	gypse et calcaire		d = 2,4
TELL ABIAD	349 m.	calcaire poreux et marne		d = 2,4
RAQQA	252 m.	gypse	150 m.	d = 2,3
		calcaire poreux	102 m.	
MESKÉNÉ	300 m.	marne calcaire		d = 2,3
ALEP	370 m.	marne		d = 2,3
ORDU	401 m.	diorites et pyroxénites.	401 m.	d = 3,0
BCHARRÉ	1430 m.	argile	50 m.	d = 2,6
		calcaire compact.	1380 m.	
DAHR EL BAÏDAR	1510 m.	argile, grès et calcaire	300 m.	d = 2,55
		calcaire compact	1210 m.	
BAALBEK	1130 m.	calcaire compact.	100 m.	
		marne	400 m.	d = 2,5
		calcaire dolomitique	630 m.	
NÉBEK	1290 m.	marne crayeuse	400 m.	d = 2,5
		calcaire dolomitique	890 m.	

HOMS	507 m.	basalte	50 m.	d = 2,5
		marne	300 m.	
		calcaire compact	157 m.	
HAMA	310 m.	marne	150 m.	d = 2,45
		calcaire compact	160 m.	
MASSIÂF	495 m.	calcaire compact		d = 2,6
MAARRET EN NAAMÂNE	530 m.	marne	300 m.	d = 2,45
		calcaire compact	230 m.	
IDLIB	425 m.	calcaire poreux	150 m.	d = 2,3
		marne	275 m.	
JISR EL CHORHOUR	135 m.	marne		d = 2,3
KRAC DES CHEVALIERS	660 m.	basalte	40 m.	d = 2,6
		calcaire	620 m.	
JEZZINE	940 m.	calcaire et argile	180 m.	d = 2,5
		grès	200 m.	
		calcaire massif	560 m.	
EZRAA	574 m.	basalte	100 m.	d = 2,4
		marne crayeuse	474 m.	
SOUEIDA	1050 m.	basalte	450 m.	d = 2,5
		marne crayeuse	600 m.	
QNAÏTRA	935 m.	basalte	150 m.	d = 2,5
		calcaire compact	100 m.	
		marne crayeuse	600 m.	
		calcaire compact	85 m	

3) *Corrections topographiques.*

Elles ont été calculées par la méthode Hayford et Bowie (*U.S. Coast and Geodetic Survey*, Special publication n° 10 et n° 12, reproduite dans le Traité de Géodésie de P. TARDI, Paris 1934, p. 608 et 609).

Nous avons évalué les altitudes des compartiments d'après :

— cartes au 1/50.000 et au 1/200.000 pour les zones rapprochées.

— carte hypsométrique au 1/1.000.000 Syrie-Liban et carte hypsométrique au 1/2.000.000 de la Méditerranée Orientale pour les zones éloignées.

— carte ci-jointe des isobathes de la côte libano-syrienne, d'après la Carte bathymétrique des Océans (Monaco).

Les corrections topographiques ($g' - g$) effectuées sont les suivantes :

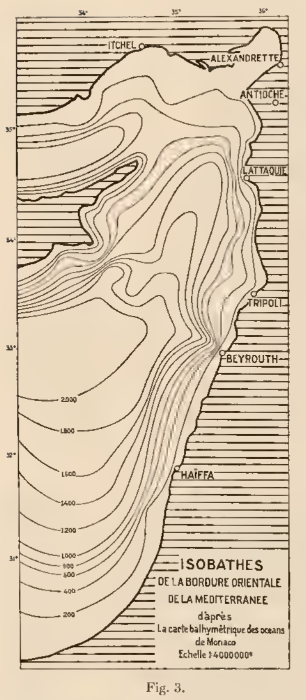


Fig. 3.

Beyrouth	2 mg.
Ksara	2 »
Jdaïdé	2 »
Khâne Abou Chamâle .	1 »
Aïn Divâr	1 »
Antioche	3 »
Tripoli	2 »
Bcharré.	14 »
Dahr el Baïdar . . .	6 »
Baalbek.	3 »
Nébek	1 »
Massiâf.	3 »
Jisr ech Chorhour . .	1 »
Krac des Chevaliers. .	2 »
Jezzine	5 »
Qnaïtra	1 »

4) *Correction de compensation isostatique de la fosse méditerranéenne jusqu'à la zone 10 d'Hayford.*

Elles ont été calculées dans l'hypothèse de Pratt en adoptant une profondeur de compensation de 113,7 km. et une densité de l'écorce de 2,67. Les corrections isostatiques, dans la méthode Hayford et Bowie, se font en deux stades. Les zones dites rapprochées s'étendent jusqu'à 166,7 km. autour du point de station. Les zones dites éloignées s'étendent jusqu'aux antipodes.

Pour les zones rapprochées (0 à 166,7 km.), on a utilisé la carte des isobathes mentionnée ci-dessus. L'altitude moyenne de chacune des 15 couronnes circulaires a été déterminée par planimétrage et on peut considérer que les résultats sont plus précis qu'il

n'est nécessaire. Nous les donnons ci-dessous avec les 2 premières décimales, y compris les valeurs relatives aux stations palestiniennes.

Alexandrette	2,48 mg.	Homs	2,89 mg.
Beyrouth	22,04 »	Hama	2,28 »
Ksara	9,77 »	Massiâf.	6,35 »
Jdaïdé	7,30 »	Maarret en-Naamâne . .	2,72 »
Damas	2,95 »	Idlib.	2,26 »
Khâne Abou Chamâte .	0,55 »	Jisr ech Chorhour . . .	4,84 »
Alep	0,38 »	Tartouss	16,31 »
Antioche	4,30 »	Krac des Chevaliers . .	6,80 »
Ordu.	6,83 »	Jezzine.	23,61 »
Lattaquié	17,50 »	Sour (Tyr).	20,87 »
Tripoli	17,43 »	Tibériade.	6,47
Bcharré.	9,50 »	Jérusalem.	3,23
Dahr el-Baïdar . . .	11.40 »	Nazareth	10,23
Baalbek.	5,86 »	Ezraa	1,41
Nébek	1,60 »	Soueïda	0,18
		Qnaïtra	6,17

Pour les zones éloiguées, on s'est servi de la Carte du bassin Oriental de la mer Méditerranée, édition de Mars 1931, provenant du dépôt des cartes et plans de la marine. Nous avons étendu la correction de compensation isostatique jusqu'à la zone 10 d'Hayford incluse, soit à 10° 44 autour du point de station. Il était inutile de pousser plus loin, car à partir de la zone 10 les secteurs deviennent très grands, les corrections faibles, et elles peuvent être balancées par les influences des masses terrestres non compensées isostatiquement. Le manque de données bathymétriques n'a pas permis de faire un travail aussi complet que pour les zones rapprochées. La précision des chiffres est de l'ordre de 1 milligal.

On trouvera, page 74, le détail des valeurs adoptées et le chiffre total de la correction de compensation pour cette partie de la fosse méditerranéenne.

5) *Anomalies de* Bouguer.

Elles ont été revues pour toutes les stations, sauf pour celles situées en Palestine (Tibériade, Nazareth, Jérusalem) pour lesquelles le manque de documents rendait impossibles l'appréciation de l'altitude et les corrections topographiques.

Tableau des corrections de compensation de la fosse méditerranéenne.

Colonne 1 : Correction des zones rapprochées, en *mg*.
Colonne 2 : Correction des zones éloignées, en *mg*.
Colonne 3 : Total en *mg*.

Stations	1	2	3	Stations	1	2	3
Alexandrette . . .	2	4	6	Alep	0	3	3
Beyrouth.	22	9	31	Antioche	4	4	8
Ksara.	10	8	18	Ordu	7	4	11
Jdaïdé	7	8	15	Lattaquié.	17	6	23
Damas	3	7	10	Tripoli	17	9	26
Khâne Abou Chamâte	1	5	6	Bcharré	9	9	18
Sabaa Biâr	0	3	3	Dahr El-Baïdar. . .	11	8	19
Jebel Tennf. . . .	0	2	2	Baalbeck.	6	7	13
Bir El-Helba . . .	0	2	2	Nébek	2	5	7
Jebel El-Marâh . .	0	2	2	Homs	3	5	8
Palmyre	0	2	2	Hama	2	5	7
T 3	0	2	2	Massiâf	6	5	11
T 2	0	0	0	Maarret En-Naamâne	3	4	7
Abou Kêmal . . .	0	0	0	Idlib	2	4	6
Hassetché	0	0	0	Jisr Ech-Chorhour .	5	4	9
Deir Ez-Zor. . . .	0	0	0	Tartouss	13	8	21
Tell Aalo	0	0	0	Krac des Chevaliers .	7	6	13
Aïn Divâr	0	0	0	Jezzine	14	9	23
Qamichliyé	0	0	0	Sour (Tyr)	21	10	31
Ras El-Aïn	0	0	0	Ezraa	1	6	7
Tell Abiad	0	0	0	Soueïda	0	6	6
Raqqa.	0	1	1	Qnaïtra	6	8	14
Meskéné	0	1	1				

Fig. 4.—Les chiffres renvoient aux numéros des stations dans le tableau des observations revues pp. 76-77

TABLEAU DES OBSERVATIONS REVUES

Nº des stations	Stations	Lat	Alt	δ	g	g_0	g''_0	γ'_0	$g_0 - \gamma'_0$	$g''_0 - \gamma'_0$	$g''_0 - \gamma'_0$ Lejay	$(g''_0 - \gamma'_0)$
1	2	3	4 mètres	5	6 g	7 g	8 g	9 g	10 mg	11 mg	12 mg	13 mg
1	Alexandrette	36° 34	4	2, 5	979, 856	979, 857	979, 857	979, 880	— 23	— 23	— 24	— 29
2	Beyrouth	38° 53	56	2, 5	690	707	703	652	+ 55	+ 51	+ 49	+ 20
3	Ksara	33° 50	910	2, 4	426	707	617	647	+ 60	— 30	— 43	— 48
4	Jdaïdé	33° 39	1.290	2,55	368	766	630	632	+ 134	— 2	— 26	— 17
5	Damas	33° 31	695	2, 3	430	644	577	621	+ 23	— 44	— 59	— 54
6	Khâne Abou Chamâte	33° 39	733	2,45	439	665	591	632	+ 33	— 41	— 50	— 47
7	Sabaa Biar	33° 46	820	2, 4	430	683	601	642	+ 41	— 41	— 51	— 44
8	Djebel Tenn	33° 29	708	2, 5	410	628	554	618	+ 10	— 64	— 66	— 66
9	Bir El-Helba	34° 05	548	2, 4	490	659	604	668	— 9	— 64	— 63	— 66
10	Jebel El-Marâb	34° 52	1.060	2, 6	491	818	702	734	+ 84	— 32	— 20	— 34
11	Palmyre	34° 32	410	2, 4	587	714	673	706	+ 8	— 33	— 37	— 35
12	T 3	34° 31	410	2, 4	576	703	662	705	— 2	— 43	— 45	— 45
13	T 2	34° 22	401	2, 4	603	727	687	692	+ 35	— 5	— 9	— 5
14	Abou Kemal	34° 27	182	2, 3	653	709	691	699	+ 10	— 8	— 11	— 8
15	Deir Ez-Zor	35° 20	230	2, 3	720	791	769	774	+ 17	— 5		— 5
16	Hassetché	36° 29	310	2, 3	794	890	860	873	+ 17	— 13	— 15	— 13
17	Tell Aalo	36° 54	425	2, 4	779	910	867	908	+ 2	— 41	— 46	— 41
18	Aïn Divâr	37° 16	450	2, 4	756	895	851	940	— 45	— 89	— 96	— 89
19	Qamichliyé	37° 03	475	2, 3	782	929	883	922	+ 7	— 39	— 48	— 39
20	Raâs El-Aïn	36° 50	355	2, 4	799	909	873	903	+ 6	— 30	— 33	— 30
21	Tell Ahiad	36° 41	349	2, 4	786	894	859	890	+ 4	— 31	— 35	— 31
22	Raqqa	35° 57	260	2, 3	764	844	819	827	+ 17	— 8	— 11	— 9
23	Meskéné	36° 01	345	2, 3	750	856	823	832	+ 24	— 9	— 23	— 10
24	Alep	36° 12	370	2, 3	761	875	839	848	+ 27	— 9	— 12	— 12
25	Antioche	36° 12	82	2, 5	840	865	859	848	+ 17	+ 11	+ 8	+ 3
26	Ordu	35° 54	401	3, 0	745	869	818	823	+ 46	— 5	+ 3	— 16
27	Lattaquié	35° 31	6	2, 5	773	775	774	790	— 15	— 16	— 15	— 39
28	Tripoli	34° 26	7	2, 5	705	707	708	698	+ 9	+ 10	+ 8	— 16
29	Bcharré	34° 15	1.430	2, 6	412	853	711	682	+ 171	+ 29	— 3	+ 11
30	Dahr El-Baidar	33° 49	1.510	2,55	358	824	669	646	+ 178	+ 23	+ 7	+ 4
31	Baalbeck	34° 00	1.130	2, 5	403	752	636	661	+ 99	— 25	— 37	— 38
32	Nebek	34° 01	1.290	2, 5	348	746	612	663	+ 83	— 51	— 62	— 58
33	Homs	34° 44	507	2, 5	578	734	681	723	+ 11	— 42	— 43	— 50
34	Hama	35° 08	310	2,45	695	791	759	757	+ 34	+ 2	0	— 5
35	Massiaf	35° 04	495	2, 6	676	829	778	751	+ 78	+ 27	+ 22	+ 16
36	Maarret En-Naamâne	35° 39	530	2,45	693	857	802	801	+ 56	+ 1	+ 6	— 6
37	Idlib	35° 56	425	2, 3	735	866	825	825	+ 41	0	— 3	— 6
38	Jisr Ech-Chorbour	35° 48	135	2, 3	781	823	811	814	+ 9	— 3	— 7	— 12
39	Tartouss	34° 54	6	2, 6	774	776	775	737	+ 39	+ 38	+ 38	+ 17
40	Krac des Chevaliers	34° 46	660	2, 6	605	809	739	726	+ 83	+ 13	+ 5	0
41	Jezzine	33° 33	940	2, 5	442	731	637	624	+ 107	+ 13	+ 3	— 10
42	Sour (Tyr)	33° 15	4	2, 6	643	644	644	599	+ 45	+ 45	+ 45	+ 14
46	Ezraa	32° 52	574	2, 4	421	599	541	567	+ 32	— 26	— 33	— 33
47	Soueïda	32° 42	1.050	2, 5	301	625	515	555	+ 70	— 40	— 43	— 46
48	Qnaitra	33° 08	935	2,55	393	682	583	589	+ 93	— 6	— 10	— 20

colonne 1 : numéro de la station sur la carte fig.
colonne 2 : nom de la station.
colonne 3 : latitude en degrés.
colonne 4 : altitude en mètres.
colonne 5 : densité moyenne du sous sol.
colonne 6 : valeur de g adoptée par le P. Lejay.
colonne 7 : g_0, valeur après réduction au géoïde à l'air libre.
colonne 8 : g''_0, valeur après application à g_0 de la correction de Bouguer et de la correction topographique.
colonne 9 : γ'_0 valeur normale de la pesanteur, d'après la formule internationale 1930.
colonne 10 : anomalie à l'air libre.
colonne 11 : $(g''_0 - \gamma'_0)$, anomalie de Bouguer.
colonne 12 : anomalie de Bouguer trouvée par le P. Lejay et utilisée pour sa carte des isanomales.
colonne 13 : $(g''_0 - \gamma'_0)_M$, anomalie de Bouguer compte tenu de la compensation isostatique de la fosse méditerranéenne jusqu'à la zone 10 d'Hayford incluse.

V. CARTES D'ISANOMALES

La révision des corrections à apporter aux mesures des anomalies de la pesanteur nous conduit à proposer ici deux cartes d'isanomales établies en choisissant parmi les diverses interpolations possibles celles qui concordent le mieux avec les faits géologiques connus (fig. 5 et 6, p. 80-81).

La carte n° 1 a été dressée sur la base des chiffres obtenus en revisant les altitudes des stations et la densité des terrains sous-jacents aux stations et en effectuant les corrections topographiques qui avaient été omises. Dans la carte n° 2, il est tenu compte en outre de l'influence de la fosse méditerranéenne : selon l'hypothèse de Pratt, les terrains d'un compartiment océanique ont une densité élevée ; nous avons calculé ce que deviendraient les anomalies de Bouguer si des terrains de densité uniforme égale à 2,67 seulement étaient substitués à ces terrains denses.

Pour permettre la comparaison, nous avons reproduit également fig. 2 la carte des isanomales du R.P. Lejay.

Nos deux cartes diffèrent de celle du P. Lejay par les points suivants :

— entre Palmyre et Meskéné, les isanomales sont reportées plus au Nord.

— au Liban et à l'Anti-Liban correspondent, d'une façon nette, des axes positifs.

— le réseau des isanomales entre Ksara et Hama s'épanouit plus régulièrement.

De plus, on notera qu'il existe quelques légères différences entre la carte n° 1 et la carte n° 2 ; dans cette dernière, l'axe de l'Anti-Liban est mieux mis en évidence ; les anomalies côtières y sont évidemment plus faibles.

VI DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les *idées exprimées par P. Lejay sur sa campagne de Syrie* ne peuvent être résumées sans être déformées ou amputées, aussi reproduirons-nous intégralement sa discussion.

« Un fait apparaît immédiatement : les massifs de la frontière nord, le Taurus et l'Amanus, sont compensés isostatiquement ; ceux qui s'étendent le long de la côte méditerranéenne ne le sont pas.

« Dès que nous approchons du Taurus, en effet, les anomalies deviennent fortement négatives pour atteindre à Aïn Divar, sur le Tigre, au pied de la montagne, — 96 milligals. Tout le long de la frontière de Turquie, dans des stations de plaine, mais au voisinage immédiat du puissant massif, nous trouvons des anomalies négatives de l'orde de — 40 milligals. L'influence des soubassements du Taurus se fait sentir à des distances assez grandes, allant jusqu'à plus de 100 kilomètres.

« Au Sud de cette région, dans le Djézireh (Mésopotamie) et toute la vallée de l'Euphrate, de Rakka à la frontière d'Irak, le sous-sol parait être aussi plat que la surface ; toutes les valeurs nous donnent en effet des anomalies légèrement négatives, partout les mêmes, sur d'immenses étendues.

« La moitié ouest de notre carte est beaucoup plus tourmentée. Nous y remarquons tout d'abord l'action de la fosse méditerranéenne, dont l'évidente compensation nous donne, le long de la côte, de fortes anomalies positives : + 45 à Tyr, + 49 à Beyrouth, + 38 à Tartous. Cette influence se fait sentir jusque dans le Liban où, contrairement aux lois générales, nous ne trouvons aucune anomalie fortement négative, malgré l'altitude des stations (Bcharré, 1.395 mètres, — 3 ; Dahr el Baidar, 1.505 mètres, + 7 ; Djezzine, 945 mètres, + 3). S'il y a une forte diminution de la gravité par rapport aux stations côtières, diminution qui pourrait faire penser à une compensation partielle de la montagne, cette diminution n'est nullement fonction de l'altitude des stations ; à l'Est du Liban, dans le fossé qui sépare le Liban de l'Anti-Liban, nous trouvons des anomalies fortement négatives à des altitudes plus basses que celles des stations du Liban, et dont la distance à la mer n'est guère plus grande (Ksara, 910 mètres, — 43 ; Baalbek, 1.130 mètres, — 37). Le même phénomène se reproduit dans l'Anti-Liban, où la seule station de crête que nous

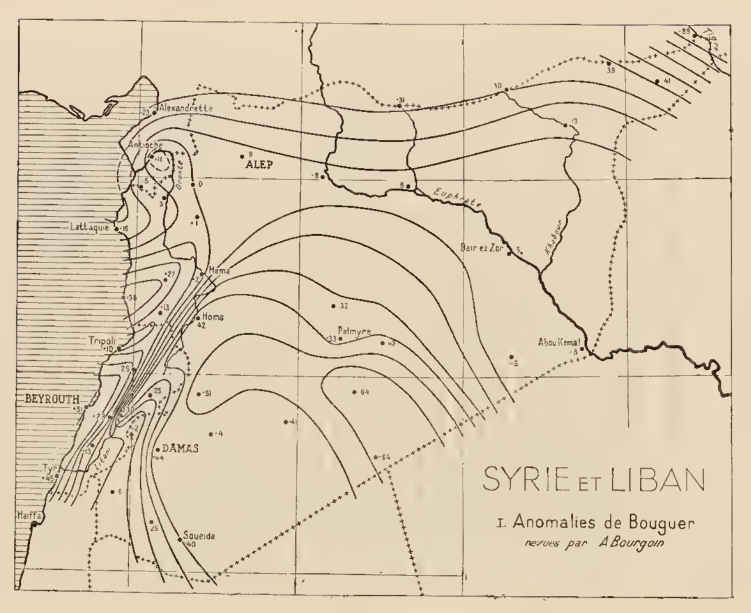

SYRIE ET LIBAN
I. Anomalies de Bouguer
revues par A Bourgoin
Alexandrette
Antioche
ALEP
Oronte
Lattaquié
Hama
Homs
Tripoli
BEYROUTH
DAMAS
Tyr
Haïffa
Soueïda
Palmyre
Euphrate
Dair ez Zor
Khabour
Abou Kemal
Tigre
Litani

FIG. 5.

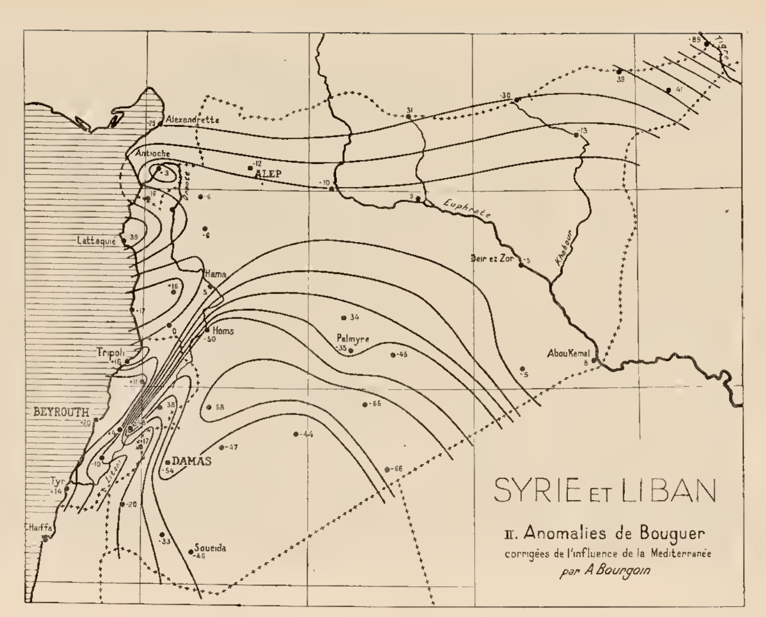


Fig. 6.

Source MNHN, Paris

ayons pu faire nous donne une valeur d'anomalie négative moins forte que celle des stations de plaine du second fossé qui sépare, à l'Est, l'Anti-Liban du Djebel-ech-Charqi.

«On peut donc avancer d'une façon générale : le Liban et les deux chaines parallèles à l'Est ne sont pas compensées isostatiquement ; les fortes anomalies négatives se trouvent plus à l'Est ou au Sud-Est, sur le plateau désertique, et particulièrement dans la région volcanique du Djebel-Druze et au voisinage des émergences basaltiques du Djebel-Tenf.

« On pourrait croire que ces derniers massifs, très anciens, ont été plus importants, régulièrement compensés, et ont été réduits dans la suite des temps, tandis que les chaines du Liban, de l'Anti-Liban et du Djebel-ech-Charqi, soulevées récemment, ne seraient pas encore en équilibre.

« Il est intéressant de noter que les tremblements de terre n'y sont pas inconnus, la destruction de Baalbek en témoigne.

« La région côtière du Nord est peut-être encore plus intéressante. Nous nous attendions bien, en l'atteignant, revenant du désert, à y trouver des résultats extraordinaires ; c'est une région séismique, coupée de failles profondes, mais nous fûmes tellement surpris de l'anomalie + 8 d'Antioche, au voisinage de l'Amanus, que ce résultat nous détermina à rentrer à Beyrouth pour une mesure de vérification.

« En réalite, les stations postérieures confirmèrent la valeur d'Antioche : toute la vallée de l'Oronte est le siège d'anomalies positives, dont la zone s'étend vers le Sud, pour rejoindre les anomalies méditerranéennes. L'isostasie ne se vérifie pas ; sur les sommets, on trouve même des anomalies positives assez fortes (Massiaf, 485 mètres, + 22). Nous n'avons pu, malheureusement, par suite du mauvais temps, faire une coupe projetée à travers la chaine des Alaouites et les marais qui la bordent à l'Est, ni l'exploration détaillée de l'Amanus et de la faille qui limite le massif à l'Est.

«En conclusion, nous retiendrons donc principalement ce fait : la région de l'Oronte échappe à l'isostasie, et cette exception coïncide une fois encore avec la présence de troubles séismiques ».

A cette discussion, le P. Lejay ajoute quelques considérations d'ordre plus général.

Une autre *remarque générale* nous est suggérée par nos essais de corrélation des données gravimétriques et géologiques que les anomalies de Bouguer, par leur relation avec la géologie de surface, nous semblent être d'origine peu

profonde, nous croyons qu'elles peuvent s'expliquer presque toujours par des variations d'épaisseur des terrains sédimentaires ; cependant au Liban, aux Alaouites et dans la région basaltique au S. E. de Damas, il ne serait pas exclu qu'interviennent en outre des remontées de matériel igné lourd dans les sédiments.

De chaque région suggérée par le tracé des isanomales, nous allons donner un *aperçu géologique* et discuterons les répercussions possibles de la structure sur la pesanteur.

Vallée de l'Euphrate de Meskènè à Abou-Kémal et région des salines des confins irakiens.

Cette région montre un seuil des anomalies, dû probablement à une sédimentation régulière et peu épaisse ; le seuil paraît s'élargir vers l'Irak en un plateau.

Ce pays est tabulaire et sans accidents tectoniques ; le P. Lejay avait noté que son sous-sol devait être aussi plat que sa surface.

Bordure Nord de la Jézireh.

Vers le Nord, les anomalies négatives s'accentuent régulièrement, en particulier vers les grandes chaînes du Kurdistan que l'on atteint à Aïn Divâr.

Le P. Lejay a expliqué ces anomalies fortement négatives par l'action à distance de ces massifs. Nous avons essayé d'évaluer celle-ci ; nos calculs sont restés approchés, faute de données topographiques ; nous avons pourtant l'impression qu'il faut rechercher la cause des anomalies également dans la grande épaisseur des sédiments de l'avant-fosse. D'ailleurs, les séries néogènes des Lower Fars, anhydrite, gypse et sel gemme, et des Upper Fars, argiles et sables, y atteignent probablement plusieurs milliers de mètres d'épaisseur.

Une coïncidence intéressante : toute cette zone à sédimentation épaisse est plissée. Sur son bord Sud passe, en direction Ouest-Est, la ligne des plis du Tonal Aaba, du Jebel Aabd el-Aaziz et du Jebel Sindjar. D'autres plis se succèdent vers le Nord jusqu'au pied des massifs du Kurdistan ; citons le Karatchok Dagh près d'Aïn Divâr en territoire syrien et surtout le faisceau de plis compris entre le Sindjar et les hauts massifs Kurdes, en Irak.

Chamieh

Le nom de Chamieh désigne les territoires désertiques syriens situés sur la rive droite de l'Euphrate.

Nous y voyons, au Sud du seuil de la vallée de l'Euphrate et jusqu'aux

approches du Haourane, de fortes anomalies négatives, atteignant leur maximum sur un arc passant par Qteifé, Qaryatein, Bir el Helba et le Jebel Tennf; un large palier s'étend au-delà vers le Sud.

Le P. Lejay avait noté la présence de ce *bassin*, très visible également sur sa carte. Nous avons vu plus haut, en citant ses conclusions, qu'il avait établi une relation entre ces fortes anomalies négatives et l'ancienneté supposée du Jebel Druze et du Jebel Tennf.

Or, nous savons que ces derniers massifs sont récents, tout au plus miocènes. Des chaînes anciennes, si elles existent, ne peuvent se trouver qu'en profondeur, érodées et recouvertes de formations récentes, secondaires et tertiaires. Rien n'indique leur existence.

On a donc plutôt l'impression d'un bassin à sédimentation importante.

Notons que le Nord en est intensément plissé : c'est la région des plis palmyréniens. La présence de ceux-ci ne modifie pas le tracé des isanomales; nous en déduisons qu'ils n'affectent qu'une mince couche superficielle.

Dans le Sud, les laves pliocènes et quaternaires occupent une superficie considérable. Il leur correspond un *plateau* des isanomales, compris entre les courbes — 40 et — 50;

En se reportant aux coupes stratigraphiques des stations situées dans ces régions : Ezraa, Soueïda, Qnaïtra, Khâne Abou Chamâte, on constate que le basalte ne constitue, comme on pouvait s'y attendre, qu'une couche superficielle. Par conséquent, la correction de Bouguer, qui s'applique jusqu'au niveau de la mer, aurait dû complètement éliminer l'influence de ce matériel dense. Or, même après la correction de Bouguer, subsiste une irrégularité de dessin des isanomales ; c'est donc que s'exercent des actions de profondeur, dues par exemple à des infiltrations de matériel basaltique lourd.

La densité insuffisante des points ne permet pas de dire s'il existe des axes privilégiés de cassure. Tel quel, le plateau régulier des isanomales suggère plutôt une infiltration par une multitude de petites cassures.

Liban, Anti-Liban, Bèkaa.

Le tracé des isanomales proposé par le P. Lejay pour cette région est quelque peu tourmenté et il n'y apparaît pas de relations avec l'orographie. Les nôtres ont été établis en tentant de rendre compte du caractère structural. Le Liban et l'Anti-Liban représentent de larges unités n'affectant vraisemblablement pas seulement les sédiments, mais encore, au-dessous d'eux, le socle. On pourrait les appeler des plis de fond ; ils ont été comparés à des touches

de piano géantes, entre lesquelles la Békaa représenterait une troisième touche abaissée. Nous pensons que des formes d'une pareille ampleur doivent se répercuter sur les anomalies de la pesanteur.

En effet, il semble que les anomalies varient avec le relief, en croissant en même temps que l'altitude, et non pas en diminuant comme on pourrait s'y

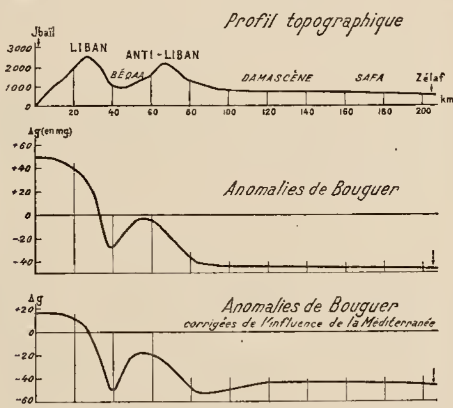


Fig. 7. — Corrélation entre le relief et les anomalies de la pesanteur

attendre par application du principe d'isostasie. Venant de la Damascène vers la côte, on note successivement sur la carte n° 1 les valeurs suivantes :

Damascène	— 40
Jdeïdé (Anti-Liban)	— 2
Ksara (Békaa)	— 30
Baalbek (Békaa)	— 25
Dahr el Baïdar (bord Est du Liban) . .	+ 23
Beyrouth	+ 51

Tenant compte de cette remarque, nous avons été conduit à un tracé des isanomales différent de celui proposé par le P. Lejay, et pourtant simple, ce qui le justifie en partie.

La fig. 7 montre un profil topographique coupant transversalement les deux massifs de la côte vers l'intérieur, et les anomalies correspondantes.

Dans le plateau désertique, la courbe des anomalies est en palier. A partir de l'approche de l'Anti-Liban, elle se relève fortement, passe par un maximum, décroît à l'aplomb de la Békaa, puis redevient ascendante. Comme elle n'est déterminée entre la Békaa et la côte que par les deux valeurs de + 23 au Dahr el Baïdar sur le bord Est du Liban, et + 51 à Beyrouth (carte n° 1), sa forme reste imprécise : peut-être est-elle en ascension constante, ainsi que nous l'avons représentée, peut-être passe-t-elle par un maximum pour revenir à + 51 en descendant.

Quoi qu'il en soit, la courbe montre, à l'aplomb du Liban et de l'Anti-Liban, une augmentation des anomalies qui paraît due à la superposition de deux phénomènes : d'une part, des variations des anomalies accompagnant les reliefs et jouant de la même façon pour le Liban et pour l'Anti-Liban ; d'autre part une tendance à un accroissement rapide des anomalies à l'approche de la côte.

Le premier phénomène semble attribuable à des remontées du socle granitique à l'aplomb des massifs : la densité moyenne d'un tel socle est de l'ordre de 2,7 à 2,8, celle des sédiments seulement de 2,4 à 2,6. La rapidité des variations suggère une remontée assez brusque, notion qui s'harmonise bien avec les failles à grand rejet et les flexures qui délimitent les régions hautes du Liban et de l'Anti-Liban.

La croissance des anomalies de Bouguer en même temps que l'altitude semble en contradiction avec le principe d'isostasie, et l'on serait tenté de conclure que ces massifs sont en déséquilibre isostatique. Notons, ainsi que le fait remarquer le P. Lejay à propos d'un cas semblable (9), qu'une infinité de répartitions de densités satisfont au principe d'isostasie, tout en ayant des effets différents sur le pendule.

Le deuxième phénomène était expliqué par le P. Lejay par « l'évidente compensation de la fosse méditerranéenne ». En fait, le calcul montre que les anomalies restent positives même après correction de l'influence de la Méditerranée, comme il ressort de la carte n° 2, établie pour la discussion de ce point précis.

Il apparaît qu'en s'approchant de la côte, on va vers une limite structurale, dont il est d'ailleurs difficile de préciser la nature. Le socle va-t-il en s'amincissant ? Se rapproche-t-on de roches basiques denses ? Le problème, pour le géophysicien, comme pour le géologue, reste entier, et l'on continue

d'ignorer la constitution du fond de la Méditerranée au large des côtes. Des mesures de pesanteur en mer et des mesures de la composante verticale du champ magnétique terrestre pourraient seules apporter des éléments de réponse à ces questions.

Peut-être le volcanisme, qui a été intense dans la moitié Nord du Liban à la fin du Jurassique et au Crétacé inférieur, et plus au Nord, sur la bordure du massif Alaouite au Néogène, contribue-t-il à causer ces anomalies positives.

Région de Tripoli : Jebel Alaouite — Lattaquié.

La carte du P. Lejay marque dans la région de Tripoli une diminution des anomalies et sur le Jebel Alaouite un *anticlinal* de pesanteur assez marqué remontant jusqu'à Antioche. Les cartes n° 1 et n° 2 diffèrent quelque peu de cette disposition. Le Jebel Alaouite y paraît scindé en deux parties à peu près par le parallèle de Jeblé. La partie Sud est couverte par un *anticlinal* de pesanteur, à anomalies positives maxima à la côte, comme au Liban ; à la partie Nord, avec Lattaquié pour centre, correspond un *synclinal*.

Du point de vue structural, les grandes lignes sont les suivantes :

Le Sud du Jebel Alaouite, depuis le parallèle de Jeblé au Nord de Banias, jusqu'au pied du Liban, est un monoclinal très régulièrement incliné vers le Sud-Onest. Le Nord, jusqu'aux environs de Jisr ech Chorhour, rappelle davantage le Liban, par sa forme de horst, faisant face à l'Est, au fossé de l'Oronte moyen.

Au Nord, le massif Alaouite se termine contre la fosse du Nahr el Kébir, à remplissage néogène et au delà commence le pays des roches vertes, à structure différente.

Les anomalies positives se trouvent dans la partie méridionale, où le volcanisme récent a été intense. Leur croissance en direction de la côte soulève les mêmes questions que pour le Liban.

On peut tenter d'expliquer les anomalies négatives de cette région de la façon suivante :

1) La région des roches vertes, qui est limitée par une ligne Nord-Nord-Est passant légèrement au Sud de Lattaquié, est rattachée par la plupart des auteurs aux chaînes du Taurus. De même que l'approche de celles-ci est marquée, sur toute la frontière Nord, par des anomalies négatives, de même nous voyons des anomalies négatives couvrir la région de Lattaquié.

2) Cette région peut être en déséquilibre isostatique et en voie de

réajustement, puisque Lattaquié, l'antique Laodicée et ses environs ont souvent été éprouvés par de violents séismes.

Région d'Ordu, Antioche, Alexandrette (Turquie).

C'est le pays des roches vertes, d'une tectonique différente, avons-nous dit, de celle des régions examinées jusqu'ici. Les roches vertes peuvent représenter en partie des batholithes; en partie, aussi, elles s'étalent au-dessus des terrains sédimentaires ; l'une ou l'autre disposition devraient se répercuter sur la pesanteur, la première par des anomalies positives nettes.

En fait, cette région n'est pas marquée par des anomalies sensibles. Les valeurs restent faiblement négatives, excepté à Antioche. Il semblerait donc que les roches vertes ne se prolongent pas toujours en batholithe en profondeur.

La région s'étendant d'Antioche à la mer, comme celle de Lattaquié, est sujette à des séismes fréquents (11).

RÉSUMÉ

Nous avons repris le calcul des anomalies de Bouguer en utilisant des données plus précises que celles dont disposait le P. Lejay. Nous avons discuté les résultats du point de vue géologique, répondant ainsi au désir qu'il avait exprimé lors de la rédaction de son mémoire. De la discussion se dégagent des faits nouveaux.

Comme le P. Lejay, nous pensons que le sous-sol de la Syrie de l'Euphrate est aussi plat que la surface. Nous ne croyons pas, par contre, que les fortes anomalies négatives sur les parties méridionales de la Chamieh soient dues à la présence de chaines anciennes. Nous les attribuons à une série sédimentaire plus épaisse. Il existerait donc une sorte de bassin du Sud de la Chamieh. Les géologues ne connaissent cependant pas de témoignage de son existence, cette région étant recouverte par du Nummulitique tabulaire. Seuls des forages profonds pourraient confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Les plis palmyréniens, qui n'apparaissent pas de façon nette sur la carte des isanomales, ne semblent affecter que les couches superficielles.

La bordure méditerranéenne, d'une disposition structurale exceptionnelle, représente le bord brisé d'une plate-forme continentale et nous notons

que ses plis de fond sont d'autre nature que les massifs montagneux jaillis des fosses géosynclinales : la pesanteur s'y comporte différemment, puisqu'aux massifs correspondent des *axes* positifs des isanomales.

La forte croissance des anomalies vers la côte ne peut pas s'expliquer seulement, comme le pensait le P. Lejay, par la compensation de la fosse méditerranéenne. Elle témoigne d'un changement structural profond au voisinage de la côte, mais nous ne pouvons définir ce qu'il est : amincissement du socle, apparition de roches basiques sous le fond de la Méditerranée ou toute autre cause.

Les anomalies positives qui constituent un trait commun au Nord du Liban et au Sud des Alaouites, résultent peut-être en partie comme au voisinage du pays volcanique du Jebel Druze, d'injections de matériel basaltique dans les sédiments.

Vers le Nord, le bord de la plate-forme syrienne ne se manifeste pas. Sa proximité est annoncée dans le Bec de Canard, à l'approche du Tigre, par une avant-fosse des massifs du Kurdistan, à sédimentation puissante. Du côté méditerranéen, sur la tectonique profonde du pays des roches vertes au Nord de Lattaquié, on reste dans l'incertitude. Il ne semble pas que les roches vertes constituent nécessairement des batholites s'élargissant en profondeur ; elles donnent plutôt l'impression, à El Ordu et Antioche, d'être peu épaisses.

OUVRAGES ET DOCUMENTS CONSULTÉS

(1) L. Dubertret : Études sur les Etats du Levant sous Mandat Français, 9 pl., 2 cartes. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, VI, fasc. 4 p. 267 à 316, Paris, 1933.

(2) » Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième, 2e édition, 67 p., 1 carte, Beyrouth 1941-1943.

(3) C. A Heiland : Geophysical exploration. 1013 p. New York, 1940.

(4) J.-H. Hoffet : Sur quelques relations entre les anomalies de Bouguer et la structure géologique de l'Indochine. *Bull. Géod.* n° 57, p. 21-22. Paris, 1938.

(5) J. Jung et C. Alexanian : Interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques de l'Alsace. *Ann. Off. Nat. Comb. Liq.*, 1931, n° 1, p. 43 à 58. 4 cartes, Paris.

(6) J. Jung : La géologie profonde de la France d'après le nouveau réseau magnétique et les mesures de pesanteur. *Ann. Inst. Phys. Globe. Univ. Paris*, t. XI, 48 p., 3 pl., 30 fig., 1938.

(7) P. Lejay : Exploration gravimétrique de l'Extrême-Orient. *Com. Nat. Fr. Géod. Géoph.*. 1936, 75 p., 1 carte, Paris.

(8) » Exploration gravimétrique des Etats du Levant sous Mandat Français. *Ibid.*, 1938, 54 p., 1 carte.

(9) » : Etude gravimétrique des îles Philippines, 129 p., 1 carte.

(10) L. L. Nettleton : Geophysical prospecting for oil. 444 p., New York, 1940.

(11) A. Sieberg : Untersuchungen über Erdbeden und Bruchschollenbau im oestlichen Mittelmeergebiet. Jena, 273 p., 1932.

(12) P. Tardi : Traité de Géodésie, Paris, 732 p., 1934.

ERRATA

p. 62,	avant dernière ligne,		lire :	figure 1
» 67,	colonne γ_0,	Maaret el Nomane	—	784
» —	— g (P. 42 bis),	Tartous	—	979,773
» —	— g (P. 622),	—	—	774
» 73,	3me ligne,	Homs.,	—	2, 86 mg.
» —	11me ligne,	Jezzine	—	13,61 »

PREMIÈRES NOTES SUR LA MÉTÉOROLOGIE DE LA SYRIE ET DU LIBAN

PAR

W. B. FISH

L'intense trafic aérien pendant la guerre a nécessité de nombreuses observations météorologiques dans le bassin oriental de la Méditerranée. Aussi devons-nous renouveler nos vues sur la météorologie de cette région et les étayer plus solidement.

Nous avons été dans cette région, et notamment en Syrie et au Liban, de 1942 à 1945, en tant que météorologue des Forces Armées Alliées. Nous notons ici l'impression que nous ont laissée les phénomènes météorologiques de Syrie et du Liban, impression encore vague et incomplète. Et pourtant la météorologie de la Syrie et du Liban commence à se dégager comme une entité nouvelle, différente de la météorologie palestinienne, à laquelle elle avait parfois tacitement été rattachée.

Ayant réuni les données de cette étude pour la prévision du temps et les besoins de la navigation aérienne, nous avons noté maints détails pratiques qui pourront être utiles.

Il ne nous a pas été possible de faire une étude bibliographique sérieuse.

Beyrouth, juillet 1945



FIG. 1. — Orographie de la Syrie et du Liban et des contrées voisines. Echelle 1 : 5.000.000

I APERÇU OROGRAPHIQUE

Il n'est guère possible de discuter un aspect quelconque de la météorologie pratique sans se référer au cadre topographique. En Syrie et au Liban, celui-ci joue un rôle exceptionnellement marqué ; aussi donnerons-nous un aperçu sur le relief au début de cette étude de météorologie.

Le trait saillant de l'orographie de la Syrie et du Liban (1) est la juxtaposition d'une puissante barrière montagneuse Nord Sud, longeant la Méditerranée, et d'un plateau intérieur doucement ondulé.

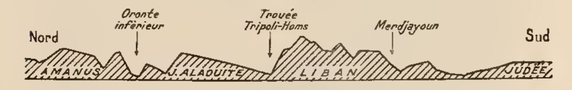


Fig. 2. — Profil longitudinal de la chaine de massifs de la bordure orientale de la Méditerranée. Echelle 1 : 5 000 000

La côte, abrupte, ne fait place qu'à une plaine côtière étroite, découpée par de nombreux caps. Le versant montagneux s'élève brusquement jusqu'aux plus hautes altitudes. Ainsi le Liban culmine à 3083 m. à une distance de 25 km. de la mer. La région des crêtes est large ; au delà, la retombée est abrupte.

Le plateau intérieur a de 1000 à 500 m. d'altitude le long de la chaîne montagneuse ; il s'abaisse doucement vers l'Est jusqu'aux plaines de Mésopotamie (200 m.). Sur ce plateau, les accumulations de lave du Jebel Druze ou une ondulation un peu plus accusée du socle au Jebel Boueida font apparaître encore des massifs d'une certaine importance, quoique moins majestueux que ceux de la rangée côtière (respectivement 1800 et 1300 m.). De fins plissements courent enfin de Damas à Palmyre et au delà vers l'Euphrate, d'autres à travers la haute Jézireh, d'Ouest en Est, pour rejoindre le faisceau des plis du Nord de l'Irak. Ces divers reliefs contribuent à rompre l'unité du plateau de la Syrie intérieure.

(1) Dans la suite du texte, sauf indication spéciale, nous désignerons l'ensemble géographique de la Syrie et du Liban simplement par Syrie.

Au Nord et à l'Est, les chaines du Taurus et du Zagros forment, en raison de leur largeur et de leur altitude considérable, une limite climatologique nette ; mais tandis que celle-ci passe à proximité de la frontière septentrionale de la Syrie, elle est beaucoup plus éloignée à l'Est.

La rangée de massifs de la bordure méditerranéenne est divisée longitudinalement par une suite de fosses tectoniques, larges et à fond plat, sorte de prolongement de la fosse du Jourdain et de la Mer Morte. Elle est aussi divisée transversalement par de larges trouées et des cols plus étroits et se décompose ainsi en plusieurs grands systèmes montagneux se scindant eux-mêmes en unités subordonnées. L'un des traits typiques de celles-ci est la régularité des lignes de crêtes, composées de longs tronçons horizontaux.

La figure 2 donne le profil des massifs depuis la voûte basse de la Judée jusqu'aux approches du Taurus en territoire turc. La pièce maitresse est formée par le double système du Liban et de l'Anti-Liban et la dépression de la Bèkaa qu'ils encadrent. Par son altitude de 2000 à 3000 m. sur 150 km. de longueur, elle exerce une influence capitale sur le temps. Aucun élément orographique de la Palestine ou de l'Egypte ne lui est, de ce point de vue, comparable. Au Sud, elle tombe sur la large trouée de Merdjayoun, d'environ 750 m. d'altitude, au Nord sur celle de Tripoli-Homs, de 500 m. d'altitude seulement. A travers sa partie centrale, un col de 1500 m. et des défilés donnent passage à la route Beyrouth-Damas.

La montagne Alaouite au Nord de la trouée de Homs, longue de 120 km., contraste par ses reliefs atténués et réguliers ; du Sud au Nord, ses crêtes s'élèvent progressivement de 1000 à 1500 m., puis, tombent, à la hauteur du Nahr el Kébir Nord, sur un pays à orographie compliquée, se tenant assez régulièrement entre 500 et 1000 m. d'altitude jusqu'au cours inférieur de l'Oronte.

Celui-ci suit d'Antioche à la mer une nouvelle large trouée, dont le seuil vers l'intérieur n'est qu'à 80 m. d'altitude. Au delà, la chaine de l'Amanus reproduit le style massif du Liban ; sa ligne de crêtes est jalonnée par des sommets de 1800 m., 2000 m. et plus.

II CARACTÈRES GÉNÉRAUX MÉTÉOROLOGIQUES

La puissante rangée montagneuse de la bordure méditerranéenne exerce une action double sur le climat : d'une part un effet simple d'altitude, d'autre part elle brusque la transition entre le milieu méditerranéen et l'intérieur asiatique, de climat continental allant en s'accusant vers l'Est. Ce caractère se résume dans le fait que sur une distance de 100 km. seulement, à partir de la

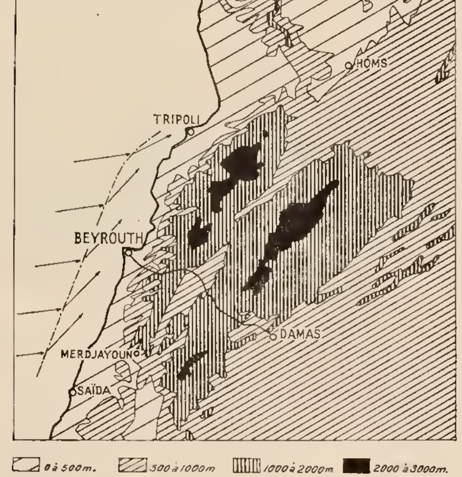


Fig. 3. — Orographie de la partie centrale de la rangée de massifs de la bordure orientale de la Méditerranée : Liban et Anti-Liban, entre eux le couloir de la Bekaa ; au Nord, la terminaison du massif Alaouite, à l'Est, les plissements palmyréniens. Echelle 1 : 2.000.000.

Les flèches représentent la convergence des vents au large par laquelle nous expliquons la ligne de cumulus sur mer (v. p. 105).

Méditerranée, se succèdent des bananeraies, des stations de sports d'hiver et des oasis.

Aussi des contrastes extrêmes sont-ils le trait dominant des conditions météorologiques de la Syrie, non seulement entre une saison et la suivante, mais également entre un jour et le lendemain, entre une région et sa voisine. Dans cet ordre d'idées, notons que la moyenne mensuelle de la variation diurne de température en été est de 5° C sur la côte, de 14° dans la vallée de l'Euphrate, que certaines parties du Liban reçoivent autant de pluie que des régions de France, alors que la plus grande partie de la Syrie est désertique; qu'il n'est pas extraordinaire d'observer en un point une tempête, tandis qu'à moins de cent kilomètres règne, à la même heure, un vent léger, parfois directement opposé.

L'importance pour la géographie physique et humaine de la position de a Syrie à la jonction des trois continents de l'Ancien Monde est reconnue depuis longtemps ; il est curieux de constater que dans le domaine météorologique cette position joue un rôle tout aussi marqué. On ne saurait définir en Syrie un régime climatique simple, car tour à tour s'y manifestent et prédominent des influences asiatiques, africaines et européennes.

Pendant les mois de juin, juillet et août, la Syrie est sous la dépendance quasi permanente de l'aire de basse pression de la mousson des Indes ; vers la fin de l'hiver et au printemps, l'élément dominant est un courant d'air froid venant des steppes russes ; de temps à autre passe une perturbation d'origine méditerranéenne ; enfin, presque à toute saison, sauf en été, la Syrie peut être touchée par une dépression de type spécial, vigoureuse et brève, venant du Nord-Est de l'Afrique.

Devant cette *complexité des influences*, la détermination de l'origine et des caractéristiques des masses d'air joue un rôle important dans la météorologie de la Syrie et les méthodes fondées sur l'analyse des masses d'air et la recherche de leur provenance y jouent un rôle plus important que dans le Nord-Ouest de l'Europe.

On définit d'une façon classique un *climat méditerranéen* assez homogène. Un coup d'œil sur les statistiques météorologiques montre une plus plus grande complexité des faits et incite, comme par exemple l'analyse des développements et déplacements des aires de pression, à scinder la Méditerranée en deux provinces, dont la séparation serait marquée par Malte et la Cyrénaïque occidentale.

De nombreuses perturbations originaires de la partie occidentale se déplacent vers le Nord-Est et passent sur les Balkans et la Mer Noire sans toucher l'Égypte et le Levant. Celles d'entre elles qui atteignent la Méditerranée Orientale, y subissent bien souvent, au large des côtes du Levant, des modifications profondes. D'ailleurs, la plupart des dépressions affectant la Méditerranée Orientale prennent naissance à l'Est de Malte et non à l'Ouest. En ce qui concerne le déplacement vers l'Est des aires de basse pression, le bassin occidental de la Méditerranée ne reproduit en aucune façon par rapport au bassin oriental, le dispositif de l'Atlantique par rapport à la France et à l'Angleterre.

Les fronts classiques conformes à la théorie norvégienne, tels qu'ils se produisent habituellement aux latitudes élevées, sont plus rares en Syrie, où les *phénomènes de limite entre masses d'air* restent flous et indéfinis et n'entraînent pas toujours la formation de noyaux propres de basse pression.

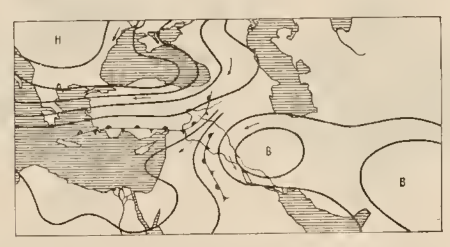


Fig. 4. — Situation synoptique du 16 Avril 1945, à 1200 h. T. M. G.
Echelle 1: 40.000

Cette tendance est illustrée par exemple par des fronts de limite qui se sont développés le 16 Avril 1945, l'un résultant de la juxtaposition en Syrie orientale d'air tropical maritime irakien (32° C à 12.00h. T.M.G. à Habbaniya) et d'air polaire continental modifié (19° C à Beyrouth) ; l'autre de la rencontre, dans le Sud de la Turquie, de cet air continental modifié et d'air polaire continental très peu modifié, venant de la Mer Noire (11°C à Ankara), (Fig. 4).

III SITUATIONS SYNOPTIQUES

Été. — Le trait saillant dans la répartition des champs de pression est la dépendance persistante de la Syrie de l'aire de basse pression de la mousson des Indes. Cette aire se prolonge à travers le golfe Persique et l'Irak central jusque sur Chypre par un large couloir où s'établissent deux circulations d'air, l'une importante au-dessus du Bas-Irak, une autre, beaucoup plus réduite, dans la région de Chypre ; entre elles se place, aux alentours d'Alexandrette-Alep, un col isobarique. Le couloir de basse pression est encadré par des aires de haute pression qui couvrent l'Anatolie, la Cyrénaïque, le désert Égyptien et l'Arabie centrale ; à la Mer Rouge, cependant, correspond une dépression (Fig. 5).

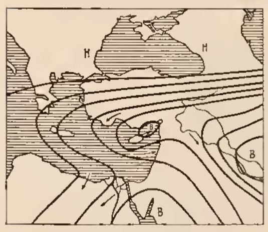


Fig. 5. — Situation d'été.

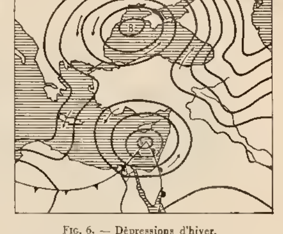


Fig. 6. — Dépressions d'hiver.

De temps en temps, des variations de pression se produisent, sans altérer le schéma général des isobares : le temps reste au beau fixe. En Syrie intérieure, la température s'élève beaucoup dans la journée, mais la baisse nocturne est importante du fait de l'altitude (Damas, 700m.). Les nuages sont rares. Sur les côtes du Liban, l'air, avant de monter les pentes escarpées de la montagne, parcourt un certain trajet sur mer, ce qui suffit pour le charger d'humidité ; il se produit donc une ligne de cumulus orographique à variation diurne. Le littoral même est fort humide; des brumes sèches (humidité relative inférieure à 80 %) persistent souvent tout le jour et peuvent se transformer en brumes ; une rosée parfois intense se dépose dès le début de la nuit, quoique la variation de température reste faible.

Hiver et demi-saisons. — Trois situations synoptiques dominent :

En hiver, des perturbations vigoureuses avec systèmes de fronts bien développés traversent de temps en temps la Syrie en direction de l'Est, en donnant lieu aux phénomènes normaux de vent, tempêtes, de nuages épais et de précipitations abondantes. Ces dernières sont intensifiées par la rangée montagneuse sur son versant méditerranéen. (Fig. 6).

Au début de l'automne et au printemps, de petites dépressions primaires ou secondaires peuvent produire le vent chaud et sec bien connu sous le nom de *khamsine* ou *chlouq*. Ses effets extrêmes sont atténués au Liban par l'altitude et la proximité de la mer, tandis qu'à l'intérieur, des températures exceptionnellement élevées, accompagnées d'une extrême sécheresse, peuvent endommager les cultures sur de grandes étendues. Le *khamsine* n'est pas, en

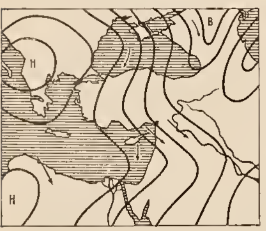


Fig. 7. — Situation par vent du Nord en hiver et au printemps.

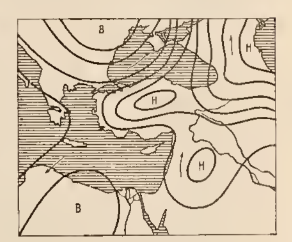


Fig. 8. — Beau temps par anticyclone sur l'Arabie centrale.

Syrie, aussi violent qu'en Cyrénaïque, mais il peut causer des accidents de personnes vu la densité de la population.

En hiver et au printemps, le pays est dominé parfois par un vent venant du Nord, produit par un anticyclone couvrant le Sud-Est de l'Europe. L'instabilité conditionnelle de l'air, particulièrement prononcée, se traduit par l'absence quasi totale de nuages sur mer et par le bourgeonnement simultané de cumulus jusqu'à des 8000 m. d'altitude sur les versants, comme conséquence de l'ascension dynamique ; parfois, un temps de traîne couvre la côte, avec grains orageux, tempêtes de pluie et de neige. C'est par un tel vent du Nord qu'ont lieu les chutes de neige les plus importantes (Fig. 7).

Une quatrième situation, moins fréquente, résulte du développement d'un anticyclone en Arabie centrale. Le temps est alors très beau en Syrie, particulièrement dans l'Ouest, où un échauffement adiabatique faible de l'air descendant de l'intérieur vers la côte cause une température relativement élevée et la disparition des nuages bas; du cirrus peut apparaître cependant, comme cortège habituel des zones de haute pression. Parfois, l'air accomplit un certain trajet au-dessus de la mer et revient ensuite sur la côte, donnant un ciel couvert. Ce contraste des conditions météorologiques résulte d'une petite variation seulement dans le trajet du courant d'air; il explique les différences que l'on peut observer parfois dans le temps des régions côtières de la Palestine et du Liban (Fig. 8).

Des différences de même ordre peuvent se produire lorsque le centre de haute pression se situe au Nord-Ouest de la Syrie.

Les dépressions de la période d'hiver ne suivent pas de trajets bien définis à travers le pays. Dès qu'elles se sont approchées à moins de 75-100 km. de la côte, elles subissent assez souvent une déviation vers le Nord-Est. Il est courant d'observer la formation d'une dépression secondaire au-dessus de Chypre, dans l'angle formé par les montagnes de Syrie et celles de Turquie. Quant à la barrière montagneuse, elle ne paraît guère avoir d'autre effet sur les dépressions que de ralentir leur marche vers l'Est; ses trouées ne semblent pas les canaliser.

Une fois qu'elles ont atteint l'intérieur du pays, les dépressions tendent à se combler et les fronts qui leur sont associés à se décomposer. Ce processus peut cependant s'arrêter peu après son commencement et être suivi, en Irak central et oriental, d'une régénération tant des fronts que des dépressions, due à la proximité du golfe Persique et de la chaîne du Zagros.

Cette notion de dégénérescence des fronts et des dépressions à la descente à travers la Syrie intérieure vers les basses plaines de Mésopotamie (200 m.) et de leur régénération au delà repose sur un petit nombre d'observations et n'a peut-être pas le caractère général que nous lui attribuons. Il paraît pourtant bien acquis que l'échauffement adiabatique dû à l'abaissement du relief favorise la dégénération des dépressions avec frontolyse.

IV PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

La *variation diurne* suit un rythme banal ; son amplitude est comprise, comme le vent la loi générale, entre celles de la variation diurne à Smyrne et au Caire (Fig. 9).

Les *variations absolues* sont en général faibles : ainsi des pressions corrigées et ramenées au niveau de la mer, inférieures à 1000 millibars sont nettement anormales, même en hiver, tandis que le plafond semble se placer à environ 1025 mb. ; (en Europe on observe couramment des oscillations allant de 960 mb. à 1040 mb.). Cette stabilité de pression est quelque peu inattendue dans un pays à vents forts fréquents. Cependant les dépressions qui

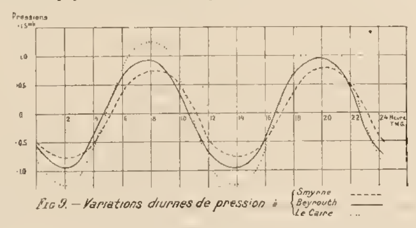


Fig 9. — Variations diurnes de pression à

causent ces vents sont souvent de faible superficie et on peut admettre alors un gradient de pression élevé pour une faible dépression ; autrement dit, le terme $\frac{V^2}{r}$ du calcul de l'équivalent mathématique du vent est grand, parce que r est petit (V = vitesse du vent ; r = rayon de la dépression).

Effets thermiques. — Il apparait, en Syrie, des dépressions et anticyclones fugitifs, très nettement d'origine thermique. En été, sous l'insolation intense, l'air s'échauffe au contact des vastes surfaces rocheuses nues et ensoleillées, d'où diminution de sa densité et baisse de pression, laquelle peut persister plusieurs heures avant de s'effacer. Inversement, en hiver, le refroidissement au contact des mêmes surfaces provoque la formation d'anticyclones. Autour de ces aires fugitives de basse ou de haute pression peuvent s'établir des circulations cycloniques ou anticycloniques passagères, ne durant

que quelques heures. Ces phénomènes ne sont pas à confondre avec les brises, dont nous parlerons ultérieurement.

En Turquie, ils sont plus caractéristiques encore par la rapidité de leur développement et leur intensité.

Nous avons signalé déjà l'aire de basse pression atténuée qui tend à s'établir au-dessus de la *région de Chypre* en été, ainsi que les dépressions plus marquées, mais passagères, des autres saisons. Nous pensons qu'elles sont également d'origine thermique ordinaire en ce qu'elles servent d'amorce à des dépressions plus importantes qui suivent une évolution normale et peuvent en hiver être accompagnées de fronts. L'explication de ces dépressions chypriotes peut être cherchée dans la configuration concave de l'île et dans le rôle de plaque chauffante que joue sa partie centrale, basse, formée de marnes néogènes presque blanches. Les pilotes observent couramment à Chypre, surtout en été, des températures particulièrement élevées et des trous d'air.

Cartes isallobariques. — Certains changements imminents dans le temps peuvent ne pas être indiqués par les cartes synoptiques normales, basées sur l'analyse des masses d'air et apparaître au contraire de façon suggestive sur des cartes de tendance barométrique.

Tel est le cas de la situation météorologique suivante, assez connue au Levant, mais très rare en Europe septentrionale. Au début, instabilité de l'atmosphère dans des couches élevées, signalée par l'apparition d'*alto-cumulus castellatus* entre 4 et 6000 m.; aggravation lente, se manifestant par l'épaississement des nuages et de forts courants verticaux, qui font descendre le plafond en donnant aux nuages un caractère de cumulo-nimbus ; finalement, orage. Lorsque cette situation se produit, il peut arriver que les observations météorologiques habituelles ne la mettent pas en évidence, alors qu'elle apparaîtrait clairement sur une carte isallobarique.

Une application très importante de ces cartes est la prévision des *vents de sable* de l'Afrique du Nord ; il arrive en effet que le degré d'intensité de l'énergie qui soulève les tempêtes de sable n'apparaisse que sur les cartes de tendance barométrique.

La place à attribuer à l'analyse isallobarique dans la météorologie pratique n'est pas encore incontestablement fixée, à savoir si elle doit servir de base ou seulement de supplément aux méthodes courantes de prévision du temps ; elle aura certainement à jouer en Moyen-Orient un rôle particulièrement important.

V NÉBULOSITÉ

Comparée à celle de l'Europe, la nébulosité de la Syrie est faible. Ses variations diurnes sont importantes du fait de la prédominance de nuages cumuliformes.

Été.— Les nuits sont claires, sauf en des points d'orographie marquée et particulière (Ghosta, Bhannès, cirque de Hammana) où la condensation locale produit du brouillard ou du fracto-stratus. Dans la journée, une faible convection produit souvent, à proximité de la côte, contre le pied des montagnes, un cumulus de beau temps peu important.

Hiver.— Les pluies, il est à noter, sont produites pour la plupart par des cumulo-nimbus. Les grandes étendues d'altostratus et de stratus, caractéristiques en Europe des secteurs chauds bien développés, sont rares. Cependant une certaine différence existe entre les types de nuages de l'Ouest et de l'Est.

Dans la région des gros massifs, la turbulence nécessaire aux nuages stratiformes est annihilée par l'ascendance orographique ; la rapidité d'ascension favorise les nuages d'instabilité. La Syrie occidentale, et surtout le Liban sont probablement les régions du Moyen-Orient les plus favorables au développement des cumulo-nimbus. Nous avons signalé déjà la simultanéité d'un temps clair en mer et de cumulus s'élevant jusqu'à 8000 m au-dessus des côtes. Les aggravations les plus sévères du temps sont produites à Beyrouth et Tripoli par le passage des fronts froids, signalés par d'énormes nuages d'instabilité, des grains atteignant une vitesse de 60 km.-h., des pluies intenses et une baisse de la visibilité souvent jusqu'au-dessous de 500 m..

En Syrie intérieure, les observations synoptiques dénotent une tendance aux nuages stratiformes, conforme avec une turbulence modérée au-dessus d'un terrain d'orographie très adoucie ; la couche nuageuse est d'épaisseur nettement limitée et elle est moins découpée que les systèmes nuageux de l'Ouest. Cette couche n'atteint pas le développement vertical nécessaire aux précipitations, comme les nuages cumuliformes de l'Ouest, qui souvent dépassent l'altitude de l'isotherme zéro. Ainsi se trouverait expliquée la nébulosité relativement élevée d'une contrée à faible pluviosité.

Les précipitations, selon la *théorie de Bergeron*, sont amorcées par un petit cristal de glace autour duquel la goutte d'eau se développe ; pour qu'elles se fassent, il faut donc que les nuages atteignent un développement vertical

qui les amène jusqu'au-dessus de l'isotherme zéro. Cependant dans les pays tropicaux et subtropicaux, il n'en est nettement pas toujours ainsi, les précipitations peuvent y provenir de nuages dont les sommets se situent sensiblement au-dessous de cet isotherme zéro. L'apparition de la pluie peut donc y résulter d'un développement limité en hauteur des systèmes nuageux.

On sait également que la quantité d'eau condensée par l'ascendance d'une masse d'air saturée est beaucoup plus considérable dans les pays tropicaux

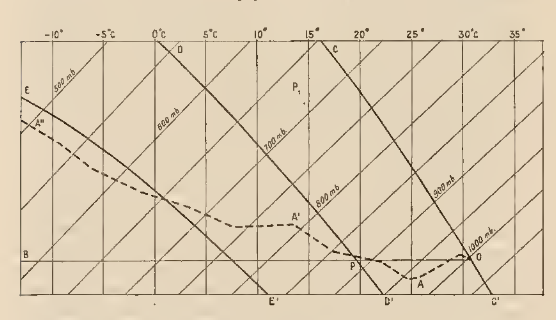


FIG.10. — Diagramme de condition de l'atmosphère (de N.Shaw) représentant une observation aérologique faite à Nicosia le 23 Mai 1945, à 11 h. T. M. G..

Verticales : isothermes, échelle normale. Diagonales : pression atmosphérique (ou altitude), échelle logarithique.

La courbe OAA'A'' représente la condition de l'atmosphère révélée par l'observation aérologique.

OB — ligne de refroidissement adiabatique d'air sec à partir de la température observée au sol (31° C.).

OC — courbe de refroidissement adiabatique d'air saturé à partir de la même température.

D'D et E'E — courbes similaires de refroidissement adiabatique d'air saturé à partir de conditions initiales différentes.

Une masse d'air assujettie à un envol dynamique se refroidirait d'abord selon la droite de refroidissement adiabatique d'air sec OB; une fois atteinte la saturation, elle suivrait la courbe de refroidissement adiabatique d'air saturé correspondant au point de saturation.

Dans le cas présent, la saturation se produit en P; soit PD la courbe de refroidissement adiabatique d'air saturé.

La ligne OPD délimite les conditions de la stabilité de l'atmosphère — l'aire située à sa droite correspond à des conditions stables, celle qui est à sa gauche, à des conditions instables. La courbe caractéristique de la masse d'air étudiée, OAA'A'', se place presque entièrement à gauche de la courbe théorique de refroidissement OPD : la stratification de cette massed'air est donc nettement instable.

et subtropicaux que dans les pays tempérés. De l'air saturé de 22° C de température initiale effectuant un envol de 3000 m. condense autant d'eau qu'une masse d'air saturée de 10° C de température initiale, s'élevant de 6000 m.

Fin du printemps et début de l'été. — A cette saison, du stratus se développe assez fréquemment sur les régions côtières, normalement à partir de minuit jusqu'à 0400 h. T.M.G.; il a presque totalement disparu à 0600h. Ce stratus donne 6 à 9 dixièmes de nébulosité; sa base se situe entre 300 et 700 m. au-dessus du niveau de la mer.

En cela, la Syrie contraste franchement avec la Palestine, où, dans ces conditions, la nébulosité atteint souvent 10 dixièmes avec un plafond à 200 m. ou moins, la couche nuageuse pouvant même toucher le sol.

Ainsi, il arrive que Beyrouth et Tripoli signalent un stratus discontinu avec plafond aux environs de 500 m. et une visibilité de 15 km., Alep et Damas, un ciel clair à visibilité illimitée, tandis que Lydda, Héliopolis et Cairo-West rapportent soit du brouillard, soit 10 dixièmes de stratus à plafond très bas.

La conséquence pratique en est considérable: l'aérodrome de Beyrouth est, en cette saison, presque constamment utilisable, alors que les terrains principaux de Palestine, comme ceux du delta du Nil, peuvent rester inaccessibles pendant des 2 à 5 heures. En effet le brouillard matinal sur les pistes de l'aérodrome de Beyrouth est tout à fait exceptionnel.

On peut chercher l'explication de ces contrastes dans les différences du relief. Les larges plaines côtières de la Palestine favorisent un stratus étendu et continu, tandis que le relief tourmenté de la Syrie occidentale s'oppose parfois à la faible turbulence indispensable à sa réalisation.

Cumulus sur mer

Un phénomène caractéristique, quoique d'importance subordonnée est le cordon de cumulus qui souvent se fixe sur mer à une vingtaine de kilomètres au large, en toute saison mais surtout en été. Son maximum de développement est atteint dans la matinée, plus tard il se dissipe.

Le curieux cordon ne peut être expliqué par ascendance orographique, d'autant moins que la bande qui le sépare de la côte reste claire, comme souvent la côte elle-même et le flanc montagneux. Nous suggérons de l'attribuer à une convergence atmosphérique au large, les vents de l'Ouest-Sud-Ouest étant refoulés vers le Nord-Est par la barrière montagneuse (v. Fig. 3). Les effets de la convergence sont les plus apparents entre les calmes de la nuit et les brises actives de l'après-midi, ce qui expliquerait l'horaire du cordon nuageux.

A cette explication peut se rattacher peut-être celle de l'humidité relative un peu anormale sur la côte en été. Le minimum de l'humidité relative mensuelle, 60 % environ, y a lieu en novembre et décembre, le maximum, 72 %, en juin, juillet et août. Dans l'intérieur, le rythme est renversé, maximum, 75 %, en janvier, minimum, environ 40 %, en juillet.

On pourrait regarder l'humidité relative élevée du littoral en été comme une autre manifestation de la convergence, mais moins prononcée que celle qui produit le cumulus au large ; la saturation complète ne serait pas atteinte et la manifestation ne deviendrait pas visible par la formation d'un cordon nuageux.

Nuages dans la trouée Tripoli-Homs

La constatation suivante peut, à l'occasion, intéresser la navigation aérienne : souvent lorsque la rangée des massifs côtiers du Liban, de l'Anti-Liban, du Jebel Alaouite et même de la Judée sont obscurcis par les nuages, le plafond se maintient dans la trouée Tripoli-Homs entre 500 et 800 m. au-dessus du sol. Aussi, lorsque le mauvais temps interrompt les voies directes Beyrouth-Damas et même Lydda-Damas, la liaison peut-elle parfois être établie par la trouée Tripoli-Homs.

VI VENTS

De tous les éléments météorologiques de Syrie, le vent se prête le moins à un exposé raisonné. De nombreuses anomalies, au moins apparentes feraient croire que la complication en est un trait dominant. Ce qui s'explique par le fait qu'il dépend de facteurs multiples. Nous allons tenter de les analyser.

Gradient de pression. — Son rôle est prédominant et il joue de façon classique. Par les rapports bien définis entre la distribution des pressions et les vents dominants, le Moyen-Orient se rattache aux pays tempérés, bien que la proximité des Tropiques puisse en faire présumer autrement : mais là les rapports sont au contraire flous.

Une certaine similitude existe cependant avec les régions tropicales : des dépressions peu profondes et de très faible étendue peuvent y provoquer des vents assez forts, de 50-60 km.-h. et plus. Des tempêtes peuvent s'y dérouler en quelques heures, d'où la difficulté des prévisions. Un temps qui

s'annonce calme peut être troublé par l'évolution soudaine d'un petit centre de basse pression entre Chypre et la Syrie, ne se révélant pas au début sur les cartes synoptiques et produisant pourtant, en 3 à 6 heures, un vent de 50 km.-h.. Nous avons essayé, p. 101 d'expliquer ce phénomène.

Le maximum absolu du vent est atteint en hiver sous la dépendance du gradient de pression. Les tempêtes d'hiver sont généralement de courte durée, séparées par de nombreux jours de calme.

Brises de mer

La saison la plus éventée est l'été, où s'établit un rythme régulier de vents actifs, tandis que les jours calmes deviennent nettement exceptionnels.

La composante principale de ces vents d'été est la brise de mer. Le degré des inégalités de température entre la mer et les terres qui lui donnent naissance est reflété par le tableau suivant des maxima et minima mensuels moyens de température en été et en hiver.

	Janvier		Juillet	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Beyrouth, sur mer . . .	16,5°C	1°C	26 (1) C	
Beyrouth, sur terre . . .	16	11	29	23
Damas.	11	3	34	18
Palmyre	12	2	39	21
Les Cèdres du Liban. . .	4	— 1	22	16

La brise de mer se lève sur la côte entre 0500 et 0700 h. T.M.G., venant du Sud-Sud-Ouest. Deux à trois heures après, elle souffle, un peu plus intense, d'une direction se rapprochant de l'Ouest. Elle atteint sa pleine force vers 1400 h. environ 25 km.-h., avec direction de l'Ouest-Sud-Ouest. Le soir, elle tombe et à 20h. le calme est rétabli.

Dans les pays tempérés, la brise s'avance jusqu'à une cinquantaine de kilomètres sur les terres. En Syrie comme en général dans les pays subtropicaux, elle pénètre beaucoup plus profondément vers l'intérieur. Les villes d'Alep, Homs, Damas en ressentent les effets et Ch. Combier la signale même à Palmyre, où elle s'est manifestée par une hausse brusque de l'hygromètre

(1) Dans ce tableau, pour Beyrouth mer, il s'agit de la température de la mer, pour Beyrouth terre, de la température de l'air sous abri à 1,30 m. au-dessus du sol. Le sol même peut atteindre d'ailleurs des températures beaucoup plus élevées que celles de l'air ; on a observé en Hongrie et en Égypte des sols à 75 et même à 85° C.

enregistreur de 20 % d'humidité à 80 %, dans l'après-midi, à l'arrivée d'un vent d'Ouest.

En Afrique du Nord, la brise de mer peut débuter par une irruption brusque d'air froid ayant dans une certaine mesure les caractéristiques d'un front froid mineur très atténué. Cette tendance ne se manifeste pas sur les côtes de Syrie, mais à l'intérieur, l'arrivée de la brise peut être accompagnée de petites rafales.

Les brises de mer, en été, gagnent l'intérieur à une vitesse qui peut atteindre de 40 à 50 km.-h. en certains endroits comme Damas, Forqlos, Hama, où la topographie fait converger et canalise les courants venant de l'Ouest. Cette intensité exceptionnelle de ce qui nous apparait comme une brise s'explique par la superposition des effets de la situation barométrique et du phénomène de la brise proprement dit. Le gradient de pression coïncide presque exactement avec la direction de la brise, en sorte que les effets s'ajoutent. Le fait que le vent à son maximum tende à souffler d'une direction légèrement au Sud de l'Ouest, et non pas de l'Ouest comme le voudraient les conditions théoriques de la brise, témoigne bien de la superposition des deux courants. Les calmes de la nuit s'expliqueraient au contraire par interférence du vent de gradient et d'une légère brise de terre, ainsi que par la tendance bien connue au calme pendant la nuit.

La brise de mer tend à subsister en hiver, bien que très atténuée. Elle peut être neutralisée par un vent léger de gradient, tout comme elle peut renforcer le vent quand il souffle de l'Ouest. Elle ne se manifeste distinctement que par temps de marais barométrique.

Brises de terre et vents catabatiques (brise de montagne)

Les brises de terre et les vents catabatiques sont causés tous deux par l'inégal refroidissement des couches inférieures de l'atmosphère.

Les *vents catabatiques* sont des courants d'air nocturnes provoqués au sol par le refroidissement de l'air qui, devenu plus dense, coule dans les vallées et vers les plaines. Ces courants sont localisés, simples, les masses d'air entraînées sont relativement petites, quoique leur vitesse puisse atteindre 20-40km.-h. Ils exigent un relief vigoureux ; ils se manifestent sur les côtes aussi bien qu'à l'intérieur du pays.

La *brise de terre* nocturne est le phénomène complémentaire de la brise de mer : il ne s'agit pas d'un simple courant d'air se produisant sous l'action

de la gravité, mais d'un mouvement complexe, convectionnel et de plus grande envergure, entre les terres refroidies et la mer restée tempérée. Elle se produit quel que soit le caractère du relief, mais elle est favorisée par les côtes basses.

Sur les côtes de Syrie, le relief vigoureux entraine une superposition des effets des vents catabatiques et de la brise de terre ; un *vent de terre* se constitue où la part de chacun des vents est difficile à définir.

Ces vents de terre sont les plus intenses en hiver. Parfois, ils se lèvent après minuit T.M.G., de l'Est ou du Nord-Est dans la région de Beyrouth, et de l'Est au Sud-Est dans celle de Tripoli. Le maximum est atteint vers 0400 à 0600 h. ; la vitesse n'excède pas, normalement, 20 km.-h., mais plusieurs fois chaque hiver elle s'élève jusqu'à 40 km.-h. pendant une à deux heures. Puis survient une diminution généralement rapide.

Ces vents étant dépendants du relief, sont très variables en direction et intensité d'une localité à l'autre. On est à peu près sûr de pouvoir les observer à la fin d'une nuit claire par temps de faible gradient de pression.

Vents anabatiques (brise de vallée)

Ils sont l'inverse des vents catabatiques et ont lieu dans la journée. Au-dessus du fond des vallées, l'air reste plus frais qu'au contact des pentes ensoleillées, en sorte que s'établit un courant soufflant de la vallée vers les versants et qui en remonte les pentes.

On n'a pas encore constaté le vent anabatique en Syrie. Il semble qu'il soit masqué sur les versants Ouest et contrecarré sur les versants Est par les vents dominants de l'Ouest.

Déviation des vents par le relief

Dans les relations entre les vents et le relief, il y a en Syrie une certaine analogie avec la Yougoslavie où l'Italie septentrionale, où une barrière montagneuse s'interpose également entre la mer et les plaines ou plateaux de l'intérieur : les vents y sont canalisés vers les trouées ou défilés qui donnent accès de la mer vers l'intérieur. En Syrie, le phénomène est d'autant plus prononcé que les chaines sont disposées transversalement aux grands courants de l'atmosphère. Le resserrement des courants d'air à la traversée de ces passages s'accompagne d'une compression, laquelle provoque, surtout à l'entrée et à la sortie, des vents violents et irréguliers, susceptibles de se lever très brusquement.

On ressent assez faiblement des vents de cette nature à Alep et à Merjayoun, plus intensément dans la trouée Tripoli-Homs, jusqu'à Qousseir et Forqlos ; ils peuvent devenir violents à Palmyre et Damas.

C'est à Damas qu'ils sont le plus caractéristiques. En hiver comme en été peut s'y lever soudain un vent de tempête de 100 km.-h., qui persiste quelques heures, alors qu'ailleurs le vent reste moyen. Ces tempêtes se produisent normalement par vent d'Ouest, mais ont été constatées aussi par vent du Sud-Est. Elles sont incontestablement liées à la trouée du Barada à travers l'Anti-Liban et se produisent en hiver sous l'action de dépressions actives, en été sous celle de l'aire de basse pression de l'Irak et du Golfe Persique. Elles n'ont lieu que lorsque le gradient est assez élevé.

Resserrement des isobares autour des massifs

On a constaté souvent l'influence d'une chaîne montagneuse suffisamment importante sur la répartition des champs de pression. Les isobares tendent à se resserrer autour de la région montagneuse. Les cartes synoptiques révèlent de telles situations en toutes saisons. Il en résulte parfois, de façon assez exceptionnelle, un renforcement du vent de gradient.

Un tel effet semble se manifester à Palmyre, en été. Le vent y atteint alors son maximum vers 0400 h. T.M.G., puis un autre maximum secondaire à 1100 h., avec direction de l'Ouest ou du Nord Ouest. Celle-ci semble traduire plusieurs influences: celle d'un vent catabatique descendant du Jebel Bilaas sur la plaine de Palmyre, celle d'un excédent de pression sur les montagnes à l'Ouest, enfin celle d'une canalisation des courants d'air entre la voûte du Jebel Bilaas et le pli du Jebel Hayane au Sud-Ouest de Palmyre.

Particularités locales

Le météorologue est parfois dérouté en Syrie par des observations qui contredisent les prévisions normales. Un exemple caractéristique en est donné par le *vent du Nord à Nérab, aérodrome d'Alep*. Ce vent se lève lorsqu'une dépression vigoureuse arrive à l'Ouest du Levant en marche vers l'Est. Partout ailleurs qu'à Nérab s'établit, selon la règle classique, un vent du Sud ou du Sud-Est allant en croissant ; à Nérab seulement, le vent souffle avec persistance du Nord, avec une vitesse de 15 km.-h. Il réagit lentement et indirectement aux variations d'intensité du grand courant du Sud et conserve à peu près sa vitesse jusqu'à l'arrivée du centre de la dépression. Ce vent

anormal nous apparaît comme un remous dû aux particularités locales de la topographie.

D'autres exemples de vents anormaux se retrouvent ailleurs en Syrie et au Liban, notamment à Beyrouth et Tripoli, où par vent dominant du Sud-Est peut souffler au sol un léger vent du Nord.

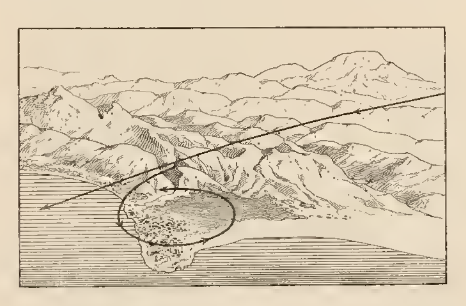


Fig. 11. — Schéma d'un remous provoqué par vent du Sud-Est en altitude au dessus de Beyrouth ; le mouvement en spirale cause un vent du Nord au sol.

Un sondage fait à Tripoli, le 21 février 1945 à 0900 h., T.M.G. a donné les indications suivantes :

Attitude	Direction du Vent	Vitesse
0 m.	360°	8 Km.-h.
300	020	8
600	040	9
1000	190°	12
2000	200	38
3000	230	45

Le courant d'air au sol pourrait être appelé un courant obséquent. L'heure à laquelle eut lieu le sondage écarte l'idée de vent catabatique, il ne peut s'agir là que d'un remous.

De tels phénomènes sont perçus aussi parfois à Damas, plus rarement à Lattaquié.

CONCLUSIONS PRATIQUES

1° Les progrès de nos connaissances de la météorologie du Moyen-Orient nous font apparaître la météorologie de la Syrie et du Liban comme une entité nouvelle à caractères propres et qui ne peut plus être confondue avec la météorologie de la Palestine, comme on avait tendance à le faire.

2° Par leur ensemble ces caractères propres font de la Syrie et du Liban des pays privilégiés du point de vue de la navigation aérienne.

Les vents de sable qui presque en toute saison balayent les aérodromes du Nord-Est de l'Afrique : Cyrénaïque, Tripolitaine, Égypte et Soudan sont inconnus sur les côtes de Syrie ; ils sont très atténués en force et en durée dans les parties de la Syrie intérieure où on les rencontre : Palmyre, Deir-ez-Zor, Hassetché, Abou Kémal.

Le brouillard matinal est exceptionnel en Syrie ; il est par contre commun en été, en Égypte et en Palestine. Les brouillards d'automne et d'hiver sont moins développés en Syrie que dans les autres régions du Moyen-Orient.

En Syrie il est bien rare que du stratus très bas interrompe la navigation aérienne; en Égypte, Palestine et à Chypre, le cas est fréquent et l'interruption peut durer des heures.

En Syrie il n'y a pas normalement, comme à Chypre, tendance aux baisses de pression suivies d'une certaine instabilité du temps.

Les vents en altitude, au-dessus de 3.000 m. y sont très réguliers et conformes aux principes théoriques, ce qui permet de les prévoir avec une large sûreté.

3° La météorologie syrienne a pourtant des inconvénients.

La rapidité du bourgeonnement des cumulus et des cumulo-nimbus et les orages qui souvent accompagnent ce phénomème peuvent créer, pendant toute la saison d'hiver, de début octobre à fin mai, de réelles difficultés à l'aviateur et même constituer pour lui un gros danger.

Les vents au sol, brusques, violents et variables sont un autre inconvénient.

En gros et du point de vue pratique, on peut résumer ainsi la particularité de la météorologie de la Syrie et du Liban : temps presque toujours

favorable ; d'octobre à mai, mauvais temps assez rare, mais franchement redoutable.

De la comparaison avec les régions voisines, on retient la conclusion que la Syrie et le Liban auront certainement un rôle à jouer dans l'organisation des grands réseaux aériens de l'avenir.

OUVRAGES ET DOCUMENTS CONSULTÉS

C. E. P. Brooks. Climate. Londres, 1932, Chap. III, p. 75.

Ch. Combier. La climatologie de la Syrie et du Liban. *Revue Géogr. Phys. Géol. Dyn*, T. VI, F. 4, p. 319-352, Paris, 1933.

» Climatologie Aéronautique. *Service Météorologique en Syrie et au Liban*, T. I et II, 1937.

» Aperçu sur les climats de la Syrie et du Liban, avec carte au millionième des pluies et vents. Beyrouth, 1945, 31 p..

W. G. Kendrew. Climates of the Continents. Oxford, 1937. Chap. XXIII, p. 173-180.

Royal Air Force, Meteorological Branch. Observations inédites.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III

Fig. 1. — Temps d'hiver : bourgeonnement de cumulus sur la montagne, éclaircies sur mer ; bonne visibilité.

Fig. 2. — Temps d'été : cumulus de beau temps ; visibilité modérée, brume sèche.



Cl. Artynian

FIG. 1.— Temps d'hiver : bourgeonnement de cumulus sur la montagne, éclaircies sur mer ; bonne visibilité.



Cl. Artynian

FIG. 2.— Temps d'été : cumulus de beau temps ; visibilité modérée, brume sèche.

CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DU MOYEN ORIENT

AU DEUX MILLIONIÈME

PAR

W. B. FISH et L. DUBERTRET

Une petite carte pluviométrique au dix millionième du pourtour nord de la péninsule Arabique avait été publiée par l'un de nous en 1940 [1] ; puis en 1942, une carte géologique aux deux millionième s'étendant à peu près aux mêmes régions [2]. Début 1945, C. Combier, Directeur de l'Observatoire de Ksara (Liban), publia une carte pluviométrique au millionième de la Syrie et du Liban [3]. Nous avons cherché, sur le fond de carte au deux millionième, à raccorder ces données nouvelles intéressantes avec ce que nous savions des pluies dans les pays environnants : ainsi s'est constituée la carte pluviométrique que nous présentons ici et qui rectifie, à une échelle plus grande, la petite carte de 1939.

Les seules localités qui y figurent sont des stations où des mesures pluviométriques ont été effectuées. Nous avons noté la valeur de la pluviosité de chacune : ces chiffres reposent le plus souvent sur un trop petit nombre d'années d'observation pour avoir la signification de véritables moyennes.

1. L. Dubertret et J. Weulersse. Manuel de Géographie ; Syrie, Liban et Proche-Orient. Beyrouth 1940, 191 p.

2. L. Dubertret. Carte Géologique du Moyen Orient. Échelle 1 : 2.000.000. Délégation Générale de France au Levant, Mission Géologique, Beyrouth, 1942.

3. C. Combier. Aperçu sur les climats de la Syrie et du Liban avec carte au millionième des pluies et vents. Beyrouth 1945.

C'est ainsi que sur notre carte l'isohyète de 100 mm. n'atteint pas le territoire syrien, tandis que sur la carte de C. Combier (Fig. 3), elle pénètre jusqu'à Palmyre en enveloppant une région de la Syrie où les eaux du sous-sol sont particulièrement rares.

Cette partie de notre tracé repose sur les relevés pluviométriques des années 1934-36 et 1941-44 dans les stations de pompage des deux pipe-lines reliant Kirkouk respectivement à Tripoli et à Haïffa. Or, C. Combier nous a fait remarquer que les années 1940-42 avaient été particulièrement pluvieuses et que pour se rapprocher d'une moyenne correcte, la moyenne de ces trois années devait être multipliée par 0,8 ou 0,9 suivant les régions. Une incertitude subsiste donc là.

Pourtant, sa portée ne doit être exagérée. Le désert, c'est-à-dire toute la région enveloppée par l'isohyète de 200mm., n'est pas une région où il pleuve régulièrement et où par conséquent une moyenne ait une signification absolue : les pluies y ont un caractère accidentel, tant par leur irrégularité que par leur violence occasionnelle. L'un de nous ne fut-il pas surpris, une centaine de kilomètres au Nord Est de Palmyre, en plein mois de juillet, par une averse violente qui l'obligea à se réfugier avec sa voiture au haut d'une butte. De même le village de Dmeir, à cinquante kilomètres de Damas, en plein désert, sur la route de Bagdad, fut emporté la nuit du 8 octobre 1937 par un torrent sauvage qui, à la suite d'un orage particulièrement violent, avait envahi son ouadi toujours sec. Par contre, le désert syrien peut rester des hivers entiers sans pluie ; les traces d'auto restent alors assez fraîches pour que l'on reconnaisse encore au printemps la marque des pneus des voitures qui ont passé l'été d'avant.

Les stations dans les massifs du Taurus et du Zagros sont clairsemées et on serait tenté de mettre en doute la continuité depuis le golfe d'Alexandrette jusque dans la région de Kermannchah de la zone recevant plus de 600 mm. de pluies ou encore la grande extension des régions qui, sur le pourtour du Lac de Van ou à proximité de Kermannchah, reçoivent plus de 1000 mm. de pluies : les données actuelles et dont nous disposions ne permettaient pas d'autre tracé qui ne donne l'impression de s'appuyer sur des observations plus détaillées.

Telle quelle, notre carte illustre de façon saisissante la fixation des pluies par le relief.

L'île de Chypre nous montre le phénomène en miniature : sa plaine

centrale est aride comme les abords du désert, alors que le Troodos, à moins de 20 kilomètres, reçoit plus de 1000 mm. de pluies : les isohyètes reposent ici sur un réseau serré de stations et ne sont pas à mettre en doute.

L'ensemble de la carte montre la même chose à plus grande échelle, compte tenu même des corrections qu'on serait amené à y apporter : les aires de forte pluviosité, même à grande distance de la mer, suivent les reliefs.

Pour permettre la comparaison, nous donnons Fig. 1 et 2 un croquis orographique au dix millionième et une réduction de notre carte à même échelle.

On remarquera en particulier la pluviosité relative du bord oriental du couloir de la mer Morte et du Ghor, qui est en effet nettement plus élevé que son vis-à-vis palestinien.

Quant aux massifs du Sinaï et du Hedjaz, qui sont nettement plus au Sud, ils appartiennent à un régime météorologique étranger à celui de la Méditerranée et les reliefs même élevés n'y retiennent, à notre connaissance, guère de pluies.

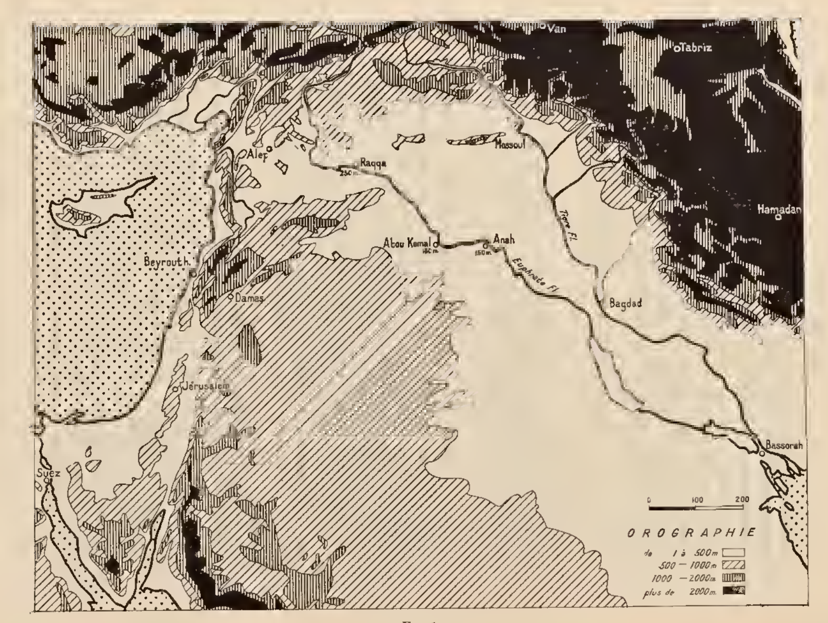
Une question vient à l'esprit : quelle est l'origine des pluies qui arrosent le Zagros ? On entend souvent exprimer la conviction qu'elles viennent du golfe Persique. C. Combier, nous a, il y a longtemps, exprimé l'avis qu'elles viennent de la Méditerranée, mais passent invisibles par dessus le désert. Il nous a donné à ce sujet les explications suivantes :

« L'opinion qui fait venir du golfe Persique les pluies de l'Irak provient d'une confusion : de ce que l'on voit localement le vent pluvieux souffler du SE, on en conclut que l'humidité qu'il apporte vient du SE, donc du golfe Persique, sans se demander si cette direction locale du vent est bien celle de son origine.

« Laissons de côté certaines pluies orageuses dont la cause peut être l'air humide du golfe, et considérons seulement les temps pluvieux généralisés sur l'Irak.

« A leur sujet, on peut lire chaque année, à chaque mois de la saison pluvieuse, dans les Bulletins du Service Météorologique de l'Irak, des phrases comme celle-ci : « Une dépression venant de la Méditerranée et se dirigeant vers l'Est cause des vents forts du SE avec pluie générale. »

« C'est qu'en effet, autour d'une dépression, les vents tournent suivant des trajectoires spiraloïdes centripètes et en sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord. En avant de la perturbation, le vent souffle



Van
Tabriz
Massoul
Alef
Raqqa
250m.
Hamadan
Abou Kemal
Anah
Tigre Fl.
Euphrate Fl.
Beyrouth.
Damas
Bagdad
Jérusalem
Bassorah
Suez
0
100
200
OROGRAPHIE
de 1 à 500m
500 — 1000m
1000 — 2000m.
plus de 2000m.

Fig. 1

Van
Tabriz
Alep
Raqqa
Mossoul
Hamadan
Abou Kemal
Anah
Tigre Fl.
Euphrate Fl.
Beyrouth
Damas
Bagdad
Jérusalem
Suez
Bassorah

0 100 200

PLUIES

de 0 à 100mm
100 — 200mm
200 — 400mm
de 400 à 600mm
600 — 1000mm
plus de 1000mm

Source MNHN, Paris

bien du SE, mais en transportant des masses d'air humidifiées par leur passage sur la Méditerranée relativement chaude en hiver. Passant au Sud du massif côtier, il n'a rencontré, sur son parcours dans le désert, de relief important qui puisse le forcer à s'élever et à se refroidir en abandonnant son humidité. Aux abords de la chaine du Zagros seulement, il est contraint de monter, d'abord sur les flancs mêmes de la chaine ; les masses d'air qui continuent à

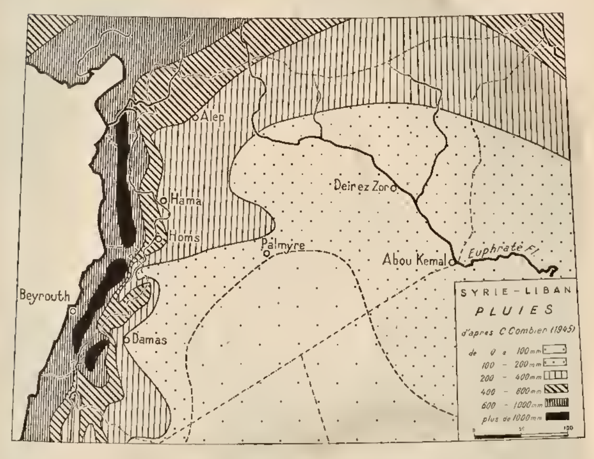


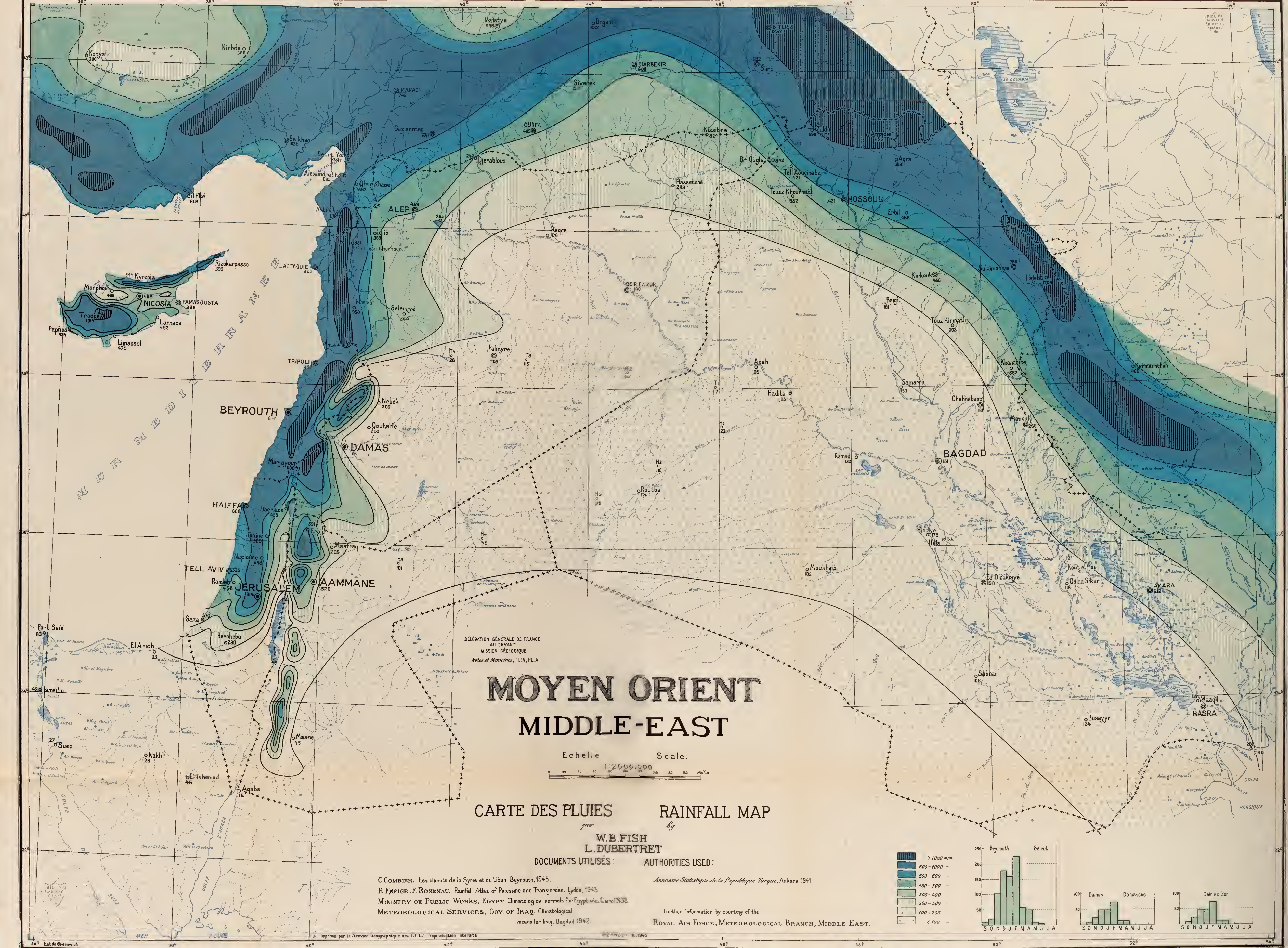
FIG. 3

arriver par derrière, montent à leur tour au-dessus des premières, qui ont été ralenties par le frottement sur les montagnes. De proche en proche, le mouvement ascensionnel se transmet aux masses suivantes, ainsi que le refroidissement qui en résulte, et par conséquent la condensation de la vapeur d'eau en pluie générale. »

Ajoutons que dans toute l'étendue des régions représentées par notre carte, les pluies sont limitées aux mois d'hiver et suivent un rythme semblable à celui qui est indiqué dans l'angle de la carte pour Beyrouth, Damas et Deir ez-Zor.



Fig. 4. — Schéma montrant la trajectoire des dépressions apportant les pluies au Zagros (par C. Combier)



DÉLÉGATION GÉNÉRALE DE FRANCE
AU LEVANT
MISSION GÉOLOGIQUE
Notes et Mémoires, T. IV, PL. A
MOYEN ORIENT
MIDDLE-EAST
Echelle Scale
1:2000.000
CARTE DES PLUIES
RAINFALL MAP
par by
W.B.FISH
L.DUBERTRET
DOCUMENTS UTILISÉS:
AUTHORITIES USED:
C.Combier. Les climats de la Syrie et du Liban. Beyrouth, 1945.
R.Feige, F. Rosenau. Rainfall Atlas of Palestine and Transjordan. Lydda, 1945
Ministry of Public Works, Egypt. Climatological normals for Egypt etc. Cairo 1938.
Meteorological Services, Gov. of Iraq. Climatological means for Iraq. Bagdad 1942.
Annuaire Statistique de la Republique Turque, Ankara 1941.
Further information by courtesy of the
Royal Air Force, Meteorological Branch, Middle East.
>1000 m/m.
600-1000
500-600
400-500
300-400
200-300
100-200
<100
Beyrouth Beirut
Damas Damascus
Deir ez Zor
S O N D J F M A M J J A
MER MEDITERRANÉE
BEYROUTH
DAMAS
ALEP
JERUSALEM
AAMMANE
BAGDAD
MOSSOUL
TRIPOLI
LATTAQUIE
HAIFFA
TELL AVIV
NICOSIA
FAMAGOUSTA
DEIR EZ ZOR
BASRA
Imprimé par le Service Géographique des F.F.L. – Reproduction interdite.

APERÇU SUR LA FLORE DE LA SYRIE, DU LIBAN ET DE LA RÉGION D'ANTIOCHE (TURQUIE)

PAR

R. GOMBAULT

INTRODUCTION

Il est curieux de constater que le rôle d'intermédiaire dévolu par la nature à la SYRIE et au LIBAN, et qui s'est affirmé au cours de toute leur histoire, se retrouve jusque dans le caractère de leur flore. Cette dernière sert en effet de carrefour et de trait d'union entre l'Europe, l'Asie et l'Afrique.

Alors qu'au Nord nous retrouvons, dans l'Amanus, des arbres essentiellement européens et septentrionaux, tels que l'if, le tilleul et le hêtre, dans le Sud, par contre, s'infiltrent des plantes nord-africaines ou arabiques qui, par le désert de Syrie, où elles retrouvent des conditions de siccité analogues à celles de leur habitat normal, remontent presque jusqu'à l'Euphrate [1].

1. Par exemple : *Pteranthus dichotomus* FORSK.
Leyssera capillifolia WILLD.
Reichardia tingitana L.
Linaria ascalonica BOISS. et KY.
Limonium Thouini VIV.
Cutandia memphitica SPRENG., etc.
Le palmier dattier, *Phœnix dactylifera* L., mûrit à Palmyre et à Soukhné.

Quant au cordon littoral, il fait partie du domaine de la flore méditerranéenne. Qu'il vienne de Provence, des côtes barbaresques, ou des rades de la Grèce, le navigateur qui débarque sur le rivage depuis Alexandrette jusqu'à Sour, y retrouve des fleurs et des cultures qui lui sont familières.

La variété des climats, des terrains et des altitudes justifie la richesse botanique de la région libano-syrienne, qui, pour les seules plantes phanérogames et cryptogames vasculaires, doit posséder environ 3.500 espèces, dont beaucoup, à vrai dire, à l'état sporadique et rare. Ces espèces représentent 127 familles et 859 genres.

Les chiffres ci-dessus sont, à quelques unités près, ceux que donnait G. E. Post pour les flores réunies de la Cilicie, de la Syrie, du Liban, de la Palestine et du Sinaï[1]. On jugera par là des progrès réalisés depuis quarante ans dans l'inventaire des richesses botaniques de la région.

Cet inventaire est pourtant encore loin d'être terminé. Ni les montagnes des Alaouites, ni la haute Djéziré, ni le Bec de Canard, ni le versant Est de l'Anti-Liban n'ont été sérieusement explorés. L'Amouk, les massifs désertiques, le Djebel Druze[2] sont à peine effleurés.

D'autre part, la répartition réelle de chaque espèce est très insuffisamment connue.

L'heure des synthèses définitives n'est donc pas près de sonner. On ne peut que chercher quelques orientations et signaler des lacunes avec l'espoir que des travailleurs se lèveront pour les combler.

Au contraire de la flore phanérogamique, la flore cryptogamique terrestre, champignons, mousses, lichens, etc., encore peu étudiée, paraît relativement pauvre, ce qu'explique suffisamment la siccité d'une partie du territoire. On ne doit pas oublier, en effet, qu'en Syrie et au Liban l'été dure pratiquement six mois. C'est un fait important, qui ne pouvait manquer de conditionner le le caractère de la végétation.

1. George E. Post, Flora of Syria, Palestine and Sinaï.

2. Le R. P. Paul Monterde vient de se livrer à une sérieuse prospection de ce massif, mais le résultat de ses recherches n'est pas encore publié.

LE LITTORAL

Riche en humus et bien arrosé, c'est essentiellement une zone de cultures maraîchères et de vergers, qu'affectionnent particulièrement l'olivier, le figuier, l'oranger, le citronnier, le dattier, auxquels, à une époque plus récente, sont venus s'adjoindre le bananier et le néflier du Japon.

Les vergers de Sidon étaient déjà célèbres dans l'Antiquité. Ceux de Tripoli, de création moins ancienne, ne leur cèdent en rien quant à la fertilité et les dépassent en étendue.

C'est également dans cette zone que l'on cultive le maïs, la canne à sucre et parfois même une Aroïdée importée d'Amérique, le *Caladium esculentum*.

Lorsque la montagne s'écarte un peu du rivage, comme dans l'Akkar ou vers Djeblé, les jardins font place aux céréales ou aux meilleures races de coton.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les plantes spontanées du cordon littoral appartiennent à des familles et à des genres de la flore méditerranéenne. Celle-ci, sous l'influence d'un climat spécial, aux étés chauds et secs, aux pluies rares, à la lumière abondante, est caractérisée par des arbustes à feuilles persistantes et coriaces et par une plus forte proportion de tiges et de feuilles épineuses. La végétation active y est presque permanente et ne subit annuellement qu'un court arrêt.

Après les premières pluies d'automne, pelouses, sous-bois, talus et rochers reverdissent rapidement. Puis, comme sur un mot d'ordre, à partir de décembre, toutes les herbes nouvelles restent stationnaires et ne reprennent définitivement leur croissance qu'en février.

Les espèces purement autochtones sont rares. Citons cependant la campanule de Sidon, qu'on ne rencontre que dans le Sud du Liban et en Palestine.

Par contre les plantes *adventices* y sont nombreuses. On appelle ainsi celles qui, étrangères à la flore du pays, s'y sont plus ou moins implantées sans y avoir été volontairement semées. La plupart ont été importées avec les

SYRIE ET LIBAN

0 50 100 km.

Isohyètes de 250, 500 et 1000 mm d'après C. Combier. (1945)

FIG. 1

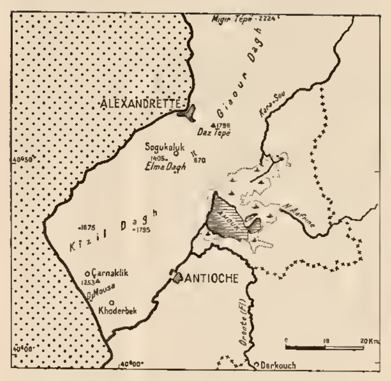


Fig. 2. — Région d'Antioche (Turquie)

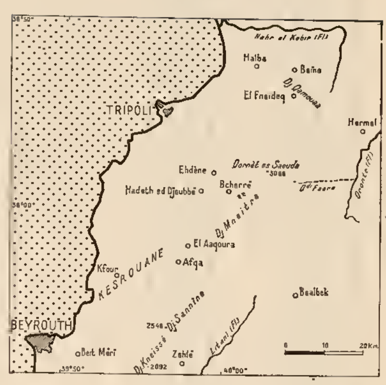


Fig. 3. — Nord du Liban

cargaisons des navires. Certaines ont pu être introduites dans les déjections des oiseaux migrateurs.

Citons, au hasard, presque toutes les amarantes, le *Xanthium* épineux, le *Datura Metel* L., le *Chenopodium ambrosioides* L., l'*Erigeron Naudini* (Bonnet) G. Bonnier, venus de l'Amérique boréale et tropicale, le tabac glauque, originaire de l'Amérique du Sud, l'*Oxalis cernua* Thun. du Cap de Bonne Espérance.

Cette jolie, mais fâcheuse Oxalidée, aux fleurs citrines, dont les feuilles sont fallacieusement offertes comme trèfles à quatre feuilles, était ignorée au Liban lors de la première édition de la flore de Post. Elle a aujourd'hui envahi, au détriment des plantes indigènes, les sous-bois, les talus et les vieux murs de la côte, entre Beyrouth et Saïda.

LA MONTAGNE

CARACTÈRES GÉNÉRAUX

RÉGION MONTAGNEUSE INFÉRIEURE.

Elle s'étend depuis les premières pentes jusqu'à l'altitude de 1100 mètres environ, et encadre des plaines fertiles telles que la Békaa entre le Liban et l'Anti-Liban, et le Hauran entre l'Hermon et le Djebel Druze : terres à blé déjà célèbres dans l'Antiquité et qui furent un des greniers de l'Empire romain.

Les vallons présentent un peu toutes les expositions et se prêtent à des cultures variées. Sur les éperons secs et ensoleillés, prospèrent les amandiers et les caroubiers, dont il semble qu'il pourrait être tiré un meilleur parti.

Dans les replis moins exposés, croissent l'abricotier, le prunier, le cognassier, le mûrier, qui, jusqu'à la crise de l'industrie séricicole, a tenu une place si importante dans la vie économique du Liban et de la basse vallée de l'Oronte.

C'est enfin la région préférée de la vigne qui, si elle n'est pas autochtone, a été introduite depuis la plus haute Antiquité et pour laquelle la Syrie est devenue une terre d'élection.

Deux sortes de chênes, aux nombreuses formes ou variétés, croissent spontanément dans cette zone : l'une à feuilles caduques, *Quercus infectoria*

Oliv. (ballûț بلّوط)[1], l'autre aux feuilles persistantes, piquantes et luisantes sur leur face supérieure : le chêne kermès (sindyân سنديان), ou plus exactement une espèce vicariante : *Quercus calliprinos* Webb.. Ce dernier, lorsqu'on l'a laissé se développer librement, près des églises, des tombeaux ou des lieux vénérés, devient un arbre majestueux.

RÉGION MONTAGNEUSE SUPÉRIEURE.

D'autres espèces de Cupulifères, parmi lesquelles le *Quercus Aegilops* L. (mallûl ملّول), le *Q. cerris* L. (likk لكّ (بلّوط اشعر)) et le *Q. Look* Ky. sont les plus répandues, habitent plus volontiers la région montagneuse supérieure.

Celle-ci s'étend de 1100 à 3088 mètres, altitude du Qornet es Saouda, qui est le point culminant de tout le pays.

En Europe, la zone des cultures s'arrête généralement vers 1000 ou 1100 mètres pour laisser place aux forêts de la zone subalpine, auxquelles succèdent vers 1700 mètres les pâturages de la zone alpine, cette dernière étant elle-même limitée par la zone nivale.

En raison du climat plus chaud que leur confère une latitude plus basse, les massifs de la Syrie et du Liban, ceux de la zone désertique étant écartés, présentent un régime assez différent. La zone des cultures s'y élève beaucoup plus haut, et il n'est pas rare, tout au moins dans le Liban et l'Anti-Liban, de rencontrer de maigres champs de céréales à 1800 mètres et parfois davantage, c'est-à-dire à une altitude qui correspondrait, en France, à la partie supérieure de la zone alpine.

Les forêts, là où elles subsistent, montent jusqu'à plus de 1900 mètres : l'altitude des Cèdres de Bcharré est de 1921 mètres.

Au delà commence le domaine des rochers, des éboulis, des crêtes et des plateaux pierreux, où croît une herbe rare, impitoyablement broutée pendant la saison estivale, par la dent des moutons et des chèvres.

Seuls se défendent les sainfoins[2] les acantholimons et les astragales[3]

1. Les noms arabes des plantes et leur transcription sont notés d'après : Flora of Syria, Palestine and Sinai, par George Post, deuxième édition, par John Edward Dinsmore, M.A., Beyrouth, *American Press*, 1932. — Signalons ici le Dictionnaire Français-Arabe des Termes Agricoles, par l'Emir Mustapha Chéhabi, Damas 1943, 656 p..

2. *Onobrychis cornuta* L.

3. Le genre *Astragalus* paraît avoir trouvé au Levant des conditions optima de développement. Il y est particulièrement répandu et n'y compte guère moins de

épineux, qui s'étalent sur le sol en grosses pelotes ou coussinets hérissés d'épines. Ils se protègent ainsi contre l'appétit des troupeaux et la sécheresse ambiante, en donnant au paysage un aspect très caractéristique.

Les alpages sont ignorés ; c'est seulement au fond des petites cuvettes fermées [1] qui parsèment les plateaux et où l'eau de fonte des neiges maintient le plus longtemps un peu d'humidité, que l'on peut découvrir un gazon rare et mesuré, qui ne rappelle que de bien loin les immenses et moelleux tapis des pâturages alpestres.

La neige, qui recouvre les crêtes pendant les mois d'hiver, disparaît complètement pendant l'été. Ce n'est que par les années les plus fraîches qu'il en subsiste quelques lambeaux dans les dépressions abritées du soleil, sur les versants septentrionaux des sommets les plus élevés du Liban et de l'Hermon.

La zone nivale n'existe donc pas et l'on peut dire qu'aucune des cimes de Syrie et du Liban ne dépasse les limites de la végétation.

En résumé, dans la montagne supérieure, deux zones au lieu de quatre : celle des cultures et des forêts, qui se compénètrent plus ou moins, et la zone alpine, où, à quelques rares exceptions près [2], la végétation arbustive disparaît pour faire place aux herbes et aux broussailles épineuses.

C'est à la base de la région montagneuse supérieure, vers 1200 à 1400 mètres, que se plaît l'un des plus beaux arbres de ces montagnes, le noyer (jauz جوز), originaire du Nord de la Perse.

C'est également dans la zone montagneuse supérieure que l'on rencontre le plus de plantes endémiques c'est-à-dire spéciales au pays. L'isolement et des conditions climatiques un peu spéciales ont en effet favorisé soit la survivance,

150 espèces. Après lui, mais bien loin derrière, les genres les mieux représentés seraient les suivants :

Silene	environ	60	espèces	*Salvia*	environ	39	espèces
Trifolium	»	57		*Verbascum*	»	38	
Centaurea	»	55		*Vicia*	»	37	
Allium	»	50		*Trigonella*	»	34	
Galium	»	41		*Ranunculus*	»	32	
Euphorbia	»	41		*Alyssum*	»	31	

1. Dolines des géologues : ces cavités sont dues au travail chimique des eaux de pluie en terrain calcaire.

2. *Rhamnus libanotica* Boiss. (tiffâh-barri تفاح بري).
Ribes orientale Desf.

a l'état de reliques, de types anciens à dispersion autrefois plus étendue, soit la différenciation par adaptation au milieu.

CARACTÈRES PARTICULIERS

En dehors de ces caractères généraux, certains massifs présentent une physionomie particulière.

Ce sont l'Amanus, le Cassius, le Liban, l'Anti-Liban et l'Hermon.

Nous les passerons successivement en revue.

Mais tout d'abord, il convient de les séparer en deux groupes très distincts :

1.— L'Amanus et le Cassius qui, avec le Kurd Dagh et la plus grande partie du Baer et du Bassit, constituent, au point de vue botanique, comme au point de vue géologique, un rameau du système taurique.

Les roches ignées basiques : pyroxénolites, serpentines, diorites etc, y dominent et la flore, plutôt silicicole, y est très différente de celle du reste du territoire.

2. — Le Liban, l'Anti-Liban et l'Hermon, massifs jurassiques et crétacés, où prévaut une flore calcicole.

AMANUS

On groupe habituellement sous cette dénomination antique le Giaour Dagh et le Kizil Dagh ou Djebel el Ahmar, séparés par le col de Beylan, mais qui forment une entité botanique.

Dans notre dition, la chaine s'élève jusqu'à 2500 mètres. Tournée vers le Nord-Ouest, sa face occidentale constitue une barrière sur laquelle viennent se condenser les évaporations marines. Si les pluies y sont moins abondantes qu'au Liban, elles y sont plus régulières, et la fraicheur y est entretenue par les brouillards, qui s'installent fréquemment sur les hauteurs lorsque la brise souffle de la mer, et débordent même sur le versant oriental. Les crêtes sont occupées par la neige pendant cinq mois de l'annnée. Cette humidité favorise la végétation. Aussi l'Amanus est-il le massif le plus boisé de tous ceux qui font l'objet de cette étude.

De tout temps, il a été un objet d'envie pour les peuples de la Mésopo-

tamie, Sumériens, Assyriens, Chaldéens, qui, dépourvus de bois de construction, l'ont intensément exploité sans réussir à l'épuiser.

Il est couvert de pins d'Alep, de pins *Pallasiana*, de sapins, *Abies cilicica* Ant. et Ky. (shûh الشوح), de cèdres, de chênes à feuilles caduques, *Quercus Cerris*, L. et *Quercus Aegilops* L. et enfin de hêtres, arbres nordiques qui atteignent ici la limite méridionale de leur extension.

La zone des cultures s'élève, dans l'Amanus, beaucoup moins haut que dans le Liban et ne dépasse guère 1000 à 1200 mètres. Celle des crêtes dénudées y est aussi beaucoup plus restreinte. C'est en somme la forêt qui occupe la plus grande partie de la région montagneuse supérieure. Elle descend par endroits jusqu'au niveau de la mer, sous la forme d'un maquis, où le grenadier, *Punica Granatum* L. (rummân رمّان) pousse à l'état sauvage en compagnie de l'arbousier (ḳayḳah قيقب), de l'arbre de Judée (zamzarik زمزريق — ارجوان) et surtout du styrax (ḥôze حوزة).

Dans la zone moyenne, on rencontre l'érable de Montpellier, le noisetier (hinduk بندق), autre arbuste septentrional, une espèce orientale de charme *Carpinus orientalis*. Mill. (nayriya shârkiya نيرية شرقية) et l'*Ostrya carpinifolia* Scop. [1]

Dans les fonds humides, pousse l'aulne blanc, *Alnus incana* L., autre infiltration du Nord. Près des villages viennent des noyers et de superbes platanes. Celui de Khoder-bek, dans le Djebel Moussa, avec sa circonférence de 22 mètres, est justement célèbre. (Pl. IV, Fig. 2)

Aux plantes septentrionales déjà citées ajoutons l'*Asplenium* septentrional le fraisier sauvage, le houx, le fusain des montagnes, la circée de Paris, la sanicle d'Europe, la belladone, la lathrée écailleuse, plante qui parasite la racine des arbres, l'inule *Conyza*, la lampsane commune [2].

1. L'érable de Montpellier et l'*Ostrya* descendent jusque dans le Liban.
2. *Asplenium septentrionale* L.
   Fragaria vesca L.
   Ilex aquifolium L.
   Evonymus latifolius (L.) Mill.
   Circaea lutetiana L.
   Sanicula europaea L.
   Atropa Belladona L.
   Lathraea squamaria L.
   Asperula odorata L.

Sans sortir des limites que nous nous sommes tracées, l'Amanus renferme une trentaine de plantes endémiques dont la plupart ont été signalées par Post.

CASSIUS (1758 m.)

C'est sous ce nom antique que, dans la langue du botaniste, on désigne le Djebel Akra. Mais lorsqu'on parle de la flore du Cassius, on englobe dans cette appellation non seulement la végétation du Djebel lui-même, mais celle des pays voisins du Baer et du Bassit. Cet ensemble compose en effet un compartiment floristique qui, à beaucoup d'égards, rappelle celui de l'Amanus, mais qui s'en différencie cependant par la disparition des espèces septentrionales que nous avons citées.

Pour toutes, en effet, à l'exception du noisetier, la vallée de l'Oronte a tracé une frontière qui n'a pas été franchie.

La région du Cassius tient presque toute entière dans la zone des forêts. Celles-ci occupent environ dix mille hectares, et, tout au moins sous la forme de maquis, descendent jusque vers l'ouadi Qandil, c'est-à-dire jusqu'à la plaine de Lattaquié. Il est probable que la tête, chauve aujourd'hui, du Djebel Akra, où, éparses parmi les rochers, de grandes férules [1] croissent presque à hauteur d'homme, était elle même jadis coiffée d'une calotte de verdure.

Partout où l'homme ne l'a pas défrichée pour établir sa demeure et semer les champs indispensables à sa subsistance, la forêt règne en maîtresse. Comme dans l'Amanus, les chênes et les pins dominent ; mais sous leur abri croît un taillis parfois clair, souvent serré, de broussailles, où les érables, les myrtes, les buis, le sumac, les térébinthes, les genêts, les cytises, la réglisse flavescente, la centaurée à feuilles d'arum et la *Polygala* d'Anatolie [2] tiennent une place prédominante.

Inula Conyza DC = *I. vulgaris* Lmk.
Lapsana communis L.

Nous ne saurions affirmer que toutes ces plantes ont été récoltées dans la partie de l'Amanus qui nous occupe.

1. *Ferula meifolia* Fenzler
2. *Acer monspessulanum* L.
Myrtus communis L. (riḥân الرحان)
Buxus longifolia Boiss
Rhus Cotinus L.
Pistacia Terebinthus (buṭm البطم)

En quelques points, comme au col d'Aïn el Haramiyé, les lianes [1] s'accrochent aux arbres avec une exubérance qui a pu excuser dans certaines descriptions l'emploi du terme de forêt vierge.

On retrouve au Cassius une bonne partie des plantes que nous avons signalées comme endémiques pour l'Amanus. Quelques unes cependant sont particulières au Cassius : *Allium calyptratum* Boiss., *Anthemis cassia* Boiss., *Pyrethrum cassium* Boiss., qui fournit la poudre de pyrèthre.

ALAOUITES — LIBAN.

Le Liban, au point de vue botanique, comprend non seulement la partie centrale de la chaîne, qui sous des noms différents : Djebel Akroum, région des Cèdres, Djebel Sannine, Djebel Knaïssé, Djebel Barouk, etc. s'étend depuis la trouée de Homs jusqu'à la coupure du Litani ; mais aussi le Djebel Ansariyé, qui la prolonge au Nord et le Djebel Amel, qui la termine au midi en s'affaissant vers la frontière palestinienne.

Au point de vue géologique, la montagne Alaouite est semblable au Liban. Il est donc normal qu'à altitudes égales la flore soit à peu près la même dans les deux massifs. Toutefois, dans sa partie septentrionale, le Djebel Ansariyé, est très boisé et se raccorde presque sans interruption aux forêts du Baer et du Bassit. Cette circonstance, qui crée entre les deux contrées voisines des analogies de climat et d'habitat, explique peut-être qu'au delà d'une ligne que l'on pourrait approximativement tirer de Banias à Kadmous, on peut cueillir en pays alaouite certaines espèces que l'on rencontre plus au Nord, mais qu'on ne saurait récolter en deçà de la limite en question. [2]

Les chênes dominent dans la forêt alaouite. Le *cerris* et l'*Aegilops* y sont représentés par de nombreuses sous-espèces et variétés. Les genévriers

Genista antiochia Boiss.
Genista cassia Boiss.
Cytisus drepanolobus. Boiss.
Cytisus cassius Boiss.
Glycyrrhiza flavescens Boiss.
Centaurea arifolia Boiss.
Polygala anatolica Boiss. et Heldr.

1. *Smilax excelsa* L.
2. *Triadenia Russegeri* Fenz., *Nigella stellaris* Boiss., entre autres.

oxycèdres [1] y abondent également ; ils y sont parasités par une curieuse plante de la même famille que le gui, l'*Arceuthobium oxycedri* DC. Mais on y trouve aussi le genévrier à drupes [2], bel arbre dont les fruits rappellent par leur grosseur et leur couleur la prune de Damas.

Les plantes endémiques sont peu nombreuses. Citons cependant la scrophulaire et la crapaudine des Nosaïriens [3].

Si le Djebel Ansariyé se trouve presque entièrement dans la zone montagneuse inférieure, il n'en est pas de même du Liban qui, sur environ 160 kilomètres, atteint la région supérieure : il nous faudra donc scinder notre étude.

ALAOUITES ET RÉGION MONTAGNEUSE INFÉRIEURE DU LIBAN

Sur le versant maritime, les escarpements, les rochers et les fonds de ravins incultivables sont restés le domaine du pin d'Alep, du térébinthe (buṭm بطم) du lentisque (mastik مستكي), du phillyrea (barza برزة (قابرية)), de l'arbousier Andrachné (ḳayḳab قيقب), de l'érable de Syrie, du styrax officinal (ḥôze حوزة), qui forment souvent des fourrés impénétrables et auxquels se mélange, un peu plus haut, le cornouiller austral [4].

Lorsque le pin d'Alep est plus clairsemé, il abrite sous son couvert le ciste à feuilles de sauge, le ciste villeux à fleurs roses (ghûbrah-abû-raghîf غبرة ابو رغيف), la lavande des Iles d'Hyères (shaʿnînah شعنينة) ou la bruyère verticillée.

Sur les terrains sablonneux, il fait place parfois, mais avec intervention du montagnard, au pin Pignon [5] (ṣnaonbar صنوبر), qui peuple notamment une partie du Meten.

Quand le déboisement a fait son œuvre, l'arbre est remplacé sur de vastes étendues par des buissons de pimprenelle épineuse [6] (billan بلان), et dans une proportion moindre par le calycotome [7] (ḳandawle قندول وبر) ; c'est la gar-

1. *Juniperus Oxycedrus* L.
2. *Juniperus drupacea* Labill.
3. *Scrophularia nusairiensis* Post et *Sideritis nusairiensis* Post
4. *Cornus australis* C.A.M.
5. *Pinus Pinea* L.
6. *Poterium spinosum* L.
7. *Calycotome villosa* (Poir) Link

rigne, domaine préféré des Labiées, *Origanum* (zaʿtar زعتر), *Thymus*, *Thymbra*, *Satureja*, *Micromeria*, etc. aux aromes pénétrants.

Sur les grés humides, apparaissent parfois les belles touffes du rhododendron du Pont (baḳle بقل).

En été, on voit de loin les thalwegs des ruisseaux de la côte dessinés en vive couleur par les pétales des lauriers roses (diflé دفلى)[1], qui en occupent le fond presque jusqu'à la mer.

A la région montagneuse inférieure, appartient une jolie Graminée d'un genre inconnu jusqu'ici, récemment découverte par G. Samuelsson, et qui parait localisée dans le Kesrouan : la *Lycochloa avenacea*.

C'est également dans cette zone moyenne que croissent spontanément certaines plantes à bulbes ou à rhizomes qui, plus ou moins modifiées par l'horticulture, sont devenues des plantes d'ornement universellement répandues. Tels sont le lis, la tulipe, la jacinthe et diverses variétés d'anémones. Ces dernières sont également abondantes sur le littoral, où, en compagnie des cyclamens de Perse (ḳarn el-ghazál قرن الغزال), elles font la splendeur de la flore printanière.

RÉGION MONTAGNEUSE SUPÉRIEURE DU LIBAN ZONE FORESTIÈRE

C'est surtout dans le Liban Nord qu'elle est représentée. Le versant occidental de la chaine du Djebel Qamoua, au dessus de Baïnou et de Fnaïdeq abrite trois forêts contiguës de pins d'Alep, de chênes *cerris* et de sapins de Cilicie. Ces derniers sont probablement les représentants les plus méridionaux du genre *Abies*.

Le reste de la chaîne n'est pas en mesure d'offrir des étendues forestières aussi considérables, et la végétation arborescente ne s'y présente plus qu'à l'état de taches relativement peu importantes.

Les cèdres, qui couvraient autrefois tout le Liban, n'y subsistent plus guère qu'à Ehden, à Hadeth ed Djoubbé, à Becharré et au Djebel Barouk.

Ceux de Becharré, installés sur des éboulis calcaires, sont les moins nombreux, mais les plus remarquables par leurs dimensions et leur âge vénérable, qui leur ont valu une renommée mondiale. On attribue à une douzaine d'entre

1. *Nerium Oleander* L.

eux plus d'un millier d'années d'existence. Les plus beaux ont 25 mètres de hauteur et 12 mètres de circonférence à la base du tronc.

Un autre élément notable de la forêt libanaise est le grand genévrier [1] (lizzâb لزاب), qui peut atteindre de 5 à 20 mètres. Il en existe un beau peuplement sur la terrasse de Mneïtra, entre Aaqoura et Afqa.

C'est à ce même étage montagnard, et là où la forêt a disparu, que l'on rencontre le plus grand nombre de plantes endémiques. Les unes [2] sont communes au Liban et à l'Anti-Liban, les autres [3] spéciales au premier de ces massifs.

Certaines, encore plus localisées, ne se rencontrent qu'au Kesrouan [4].

1. *Juniperus excelsa* MB.
2. *Anchonium Billardieri* DC.
   Astragalus Cedreti Boiss.
   Astragalus Zachlensis Bunge
   Astragalus coluteoides Wild
   Astragalus dictyocarpus Boiss.
   Bupleurum libanoticum Boiss et Bl.
   Cousinia Hermonis Boiss.
   Cousinia Dayi Post.
   Micromeria nummularifolia Boiss.
   Salvia rubifolia Boiss.
   Salvia Rascheyana Boiss.
   Scutellaria utriculata Labill
   Stachys Ehrenbergii Boiss.
   Ballota antilibanotica Post.
   Acantholimon libanoticum Boiss.
   Polygonum Libani Boiss, etc.
3. *Dianthus pogonopetalus* Boiss. et Ky.
   Vicia canescens Labill.
   Cousinia libanotica DC.
   Scorzonera Kenissaea Boiss.
   Campanula trichopoda Boiss.
   Origanum libanoticum Boiss. et Bl.
   Origanum Ehrenbergii Boiss.
   Stachys hydrophila Boiss.
   Ornithogalum libanoticum Boiss.
   Ornithogalum neurostegium Boiss et Bl.
   Eleocharis macrantha Bœk., etc.
4. *Ranunculus orbiculatus* Bl.
   Salvia Peyroni Boiss.
   Iris kasruwana Dinsm.

La plupart appartiennent, comme le remarquable *Origan* du Liban, à la famille des Labiées, à celles des Composées, des Papilionacées, des Liliacées.

RÉGION MONTAGNEUSE SUPÉRIEURE DU LIBAN ZONE ALPINE.

Nous ne reviendrons pas sur l'aspect de la région alpine, avec ses plantes en coussinets. Nous l'avons déjà décrit plus haut.

Dans cette zone, la végétation est de courte durée, en raison de l'enneigement qui dure plusieurs mois. Elle ne cesse cependant pas complètement pendant l'hiver. Certaines espèces, dites *chionophiles*, se développent au printemps sous la couverture de glace, et n'ont plus qu'à pousser leurs fleurs et leurs fruits dès la fonte des neiges. Telles sont certaines espèces de renoncules, la corydale à feuilles de rue, la *Gagea* fistuleuse, la *Romulea nivalis* [1], qu'on peut récolter au Sannine, au Knaïssé ou à l'Hermon, en bordure des plaques de neige.

Beaucoup de plantes vivaces présentent des caractères spéciaux. Leurs feuilles sont fréquemment couvertes de poils ou de duvets laineux, qui leur permettent d'éviter une transpiration excessive et de supporter les brusques alternances de température auxquelles les exposent la sécheresse de l'air et l'intensité de l'insolation.

Leur système radical prend un grand développement. La tige se réduit au contraire, à moins qu'elle ne devienne souterraine, comme dans la curieuse *Euphorbia caudiculosa* Boiss., dont la tige forme sous les éboulis un réseau très étendu de filets mous et blanchâtres, tous reliés à un rhizome central profondément enfoui. A l'autre extrémité de chacun de ces cordons, les feuilles sont groupées en rosettes terminales à peine saillantes du sol.

Dans certaines espèces, comme l'*Aethionema* à feuilles opposées Labill., ces rosettes meurent l'hiver, mais subsistent desséchées et forment une sorte de feutre protecteur pour les bourgeons qui se développent l'année suivante.

Fréquemment, les individus d'une même espèce, la *Draba vesicaria* par exemple, se groupent en touffes compactes. La chaleur de la terre étant en

1. *Ranunculus demissus* DC.
Corydalis rutifolia Sibth et Sm.
Romulea nivalis Boiss et Ky.
Gagea fistulosa Ram.

montagne souvent plus forte que celle de l'air, les plantes serrées contre le sol utiliseront mieux cette chaleur.

C'est aux mêmes fins que les tiges sont souvent rampantes, comme celle du cerisier prostré SER., dont les fleurs roses égayent les rochers.

La flore alpine endémique du Liban est relativement riche, les espèces qui lui sont propres [1] étant d'ailleurs moins nombreuses que celles qui lui sont communes avec l'Anti-Liban [2].

Ce sont plus particulièrement des Crucifères, des Caryophyllées, des Papilionacées du genre Astragale, des Composées, des Liliacées.

Si abondante et variée que soit la flore alpine du Liban, il est à noter qu'aucun de ses éléments n'appartient à la flore arctique.

ANTILIBAN ET HERMON

L'Hermon n'est que le prolongement de l'Anti-Liban vers le Sud. L'en-

1. *Aethionema oppositifolia* LABILL.
   » *stylosum* DC.
   Alsine libanotica BOISS.
   Arenaria libanotica KY.
   Riudera Schlumbergeri BOISS.
   Thesium libanoticum EHRENB.
   Allium makmelianum POST.
   Puschkinia libanotica ZUCC.
2. *Papaver libanoticum* BOISS.
   Draba vesicaria DESV.
   Thlaspi brevicaule BOISS. et KY.
   Astragalus hirsutissimus DC.
   Astragalus lanatus LABILL.
   Eryngium Billardieri LAROCH
   Gallium jungermanioides BOISS.
   Phaeopappus libanoticus BOISS.
   Scorzonera makmeliana BOISS.
   Convolvulus libanoticus BOISS.
   Celsia alpina BOISS. et KY.
   Micromeria libanotica BOISS.
   Teucrium Socinianum BOISS.
   Euphorbia caudiculosa BOISS.
   Romulea nivalis BOISS. et KY.
   Tulipa Lownei BAK., etc.

semble de la chaîne est parallèle au Liban et lui correspond géologiquement. Les terrains qui composent les deux systèmes sont identiques. La latitude est la même ; les altitudes sont peu différentes. Nous avons vu que la plus grande partie des plantes endémiques du Liban se retrouvaient dans l'Anti-Liban. Au point de vue botanique, il ne nous paraît donc y avoir aucun motif sérieux de séparer ni l'Hermon de l'Anti-Liban, ni ce dernier du Liban.

Il y a cependant entre les deux massifs quelques dissemblances.

Les nuages qui arrivent de la mer se heurtent d'abord à la barrière du Liban, où par conséquent les précipitations atmosphériques sont beaucoup plus abondantes que dans l'Anti-Liban, à l'égard duquel il forme écran. Pour un motif analogue, le versant occidental de l'Anti-Liban, auquel la pluie est moins mesurée, est plus frais et plus humide que sa face orientale, laquelle regarde le désert et subit davantage son influence.

Au demeurant, l'Anti-Liban est dans son ensemble beaucoup plus sec que le Liban. Sa flore est moins riche et ses endémiques moins nombreux. Il est encore plus déboisé. Cependant, dans certains ravins qui descendent vers la Békaa, l'Ouadi Harir par exemple, la végétation arbustive s'est maintenue assez vigoureuse. Si la montagne pouvait être mise en défends et protégée contre les abus du pacage, il semble que tout au moins un maquis pourrait se reconstituer assez rapidement. On trouverait dans ce maquis, avec des chênes, le poirier de Syrie (najâs barri نجاص برّي) et le prunier des ours (khawkh ed-dîb خوخ الدب).

Des taillis assez touffus, où le *Rhus Coriaria* L. (summaķ سماق) joue un rôle important, existent également au pied occidental de l'Hermon.

RÉGION MONTAGNEUSE SUPÉRIEURE DE L'ANTI-LIBAN

La zone forestière est inexistante tant sur l'Anti-Liban que sur l'Hermon. La garrigue y est plus pierreuse et plus dénudée qu'au Liban. On peut cependant y découvrir quelques espèces spéciales :

Astragalus Antilibani Bge.
» *stramineus* Boiss. et Ky.
» *argyrothamnus* Boiss.
Thymus Alfredae Post
Teucrium Yebrudi Post
Euphorbia erinacea Boiss. et Ky.
Allium schergianum Boiss.

Astragalus hasbeyanus Boiss.
» *Gaillardoti* Boiss.
Salvia rascheyana Boiss.

Ces trois dernières sont particulières à l'Hermon.

L'*Allium schergianum* n'était signalé que dans l'Anti-Liban. Nous l'avons trouvé sur divers points du désert, ce qui confirme les affinités que nous notions plus haut entre certaines parties de l'Anti-Liban et la zone désertique [1].

C'est à peu près à la base de la zone montagneuse supérieure qu'Aaronsohn a retrouvé, sur les flancs de l'Hermon, le *Triticum dicoccoides* Koern, le fameux blé sauvage, qui pourrait avoir été l'ancêtre de tous nos blés de culture.

Certains considèrent que le blé pourrait tout aussi bien provenir d'un *Aegilops*, genre extrêmement répandu en Syrie et en Palestine, où il est représenté par de nombreuses espèces.

Que l'on adopte l'une ou l'autre hypothèse, il n'est pas impossible que ce soit à la région syro-palestinienne que l'humanité soit redevable du blé, qui joue un rôle si important dans l'alimentation humaine.

ZONE ALPINE DE L'ANTI-LIBAN

L'enneigement, sauf sur l'Hermon, y est moindre que sur le Liban. On y signale quelques endémiques [2]. Certaines sont spéciales à l'Hermon [3], dont le lin toxique de Boissier, qui passse pour empoisonner les chèvres.

Si cette sinistre réputation n'est pas usurpée, la malfaisance de la plante doit être limitée aux Caprins, car P. Mouterde en a récolté des exemplaires qui avaient été nettement broutés.

1. A signaler, dans le même ordre d'idées, *Buffonia multiceps* Dec. récoltée par Peyron aux abords de Damas et retrouvée par nous au Djebel Abou-el-Kos (Djebel Dmeir, à l'Est de Damas).
2. *Anthemis lyonnetioides* Boiss. et Ky.
Anthemis rascheyana Boiss.
3. *Linum toxicum* Boiss.
Crocus hermoneus Ky.
Fritillaria Hermonis Fenzl.

LES PLATEAUX ET LES PLAINES

A l'Est et au pied des massifs montagneux qui se dressent en bordure de la Méditerranée, s'étalent, entre les 36ème et 41ème parallèles, des plaines et des plateaux de hauteur variable :

80	mètres	dans l'Amouk
300 à 400	»	dans les régions d'Alep et de Hama
500	»	dans celle de Homs
600 à 700	»	autour de Damas et dans le Haouran
870	»	dans la Békaa.

On remarquera que, dans l'ensemble, leur altitude va en augmentant du Nord au Sud. En principe, la température progresse dans le même sens. Mais la chaleur, par contre, diminue avec l'altitude. Si bien qu'entre le Nord de la Syrie, plus élevé en latitude, mais plus voisin du niveau de la mer et le midi, plus proche des Tropiques, mais d'une altitude plus considérable, il s'établit une sorte d'équilibre. C'est ce qui explique sans doute que pour une même plante, le battement dans le départ de la végétation ne dépasse guère une quinzaine de jours, qu'elle croisse au Haouran ou aux environs d'Alep.

A l'exception de l'Amouk, qui bénéficie du climat subtropical de la côte, la zone des plateaux, le désert dont nous parlerons plus loin mis à part, appartient tout entière, depuis Déra jusqu'à Kamechliyé et Ain Divar, au climat subdésertique.

Le terrain dominant est calcaire. Le basalte règne dans le Haouran, mais on le retrouve près de Homs, près de Hama, près d'Alep et jusque dans le Bec de Canard. Des conditions biologiques sensiblement les mêmes se retrouvent ainsi d'un bout à l'autre de la zone des plateaux.

Rien d'étonnant si la flore qui s'y est développée et qui représente à strictement parler la flore syrienne, offre une certaine homogénéité, en dépit de certaines infiltrations anatoliennes [1] ou iraniennes dans le Nord et palestiniennes dans le Sud.

1. Exemples : *Anchusa Barrelieri* (ALL.) VITM.
Teucrium multicaule MONTB. et AUCH.

Toutefois, il est à remarquer que les premières restent cantonnées en bordure des frontières floristiques, tandis que les irradiations palestiniennes se font sentir assez avant vers l'intérieur.

Les plus grands rapports existent d'ailleurs entre les flores syrienne et palestinienne. A. Eig. a estimé au chiffre considérable de 1550 le nombre des espèces communes aux deux pays. Trois genres et de nombreuses espèces y sont endémiques. Aussi, l'éminent botaniste n'a-t-il pas hésité à conclure que la parenté de la flore palestinienne avec la flore syrienne était plus prononcée qu'avec aucune autre.

La réciprocité nous paraît exacte, encore qu'aucune statistique comparée n'ait encore été effectué avec les flores voisines de la Turquie et de l'Irak.

Nous croyons toutefois, ce dernier pays partageant avec la Syrie le désert du même nom et la Mésopotamie, que les affinités entre les flores irakienne [1] et syrienne doivent être également très étroites.

Il ne saurait être question d'énumérer ici les familles et encore moins les genres et les espèces qui composent la flore syrienne.

Une vingtaine de familles [2] seulement, parmi celles qui sont représentées dans le Liban et la Syrie prise au sens large, manquent à la flore des plateaux ou plus exactement n'y ont pas encore été signalées.

La majorité d'entre elles groupent des genres montagnards ; quelques autres, des plantes auxquelles une humidité permanente est indispensable. Le palmier exige d'avoir toute l'année à la fois les pieds dans l'eau et la tête au soleil, conditions difficiles à réunir sur nos plateaux. Enfin, deux des familles absentes, Monotropées et Cytinées, ne comprennent que des plantes parasites. Ce n'est pas à dire qu'il n'en existe pas en Syrie. Mais, sauf le gui, qui est très rare, elles appartiennent toutes à la famille des Orobanchées.

1. Exemples d'infiltrations irano-touraniennes :
Alyssum homalocarpum Fisch et Mey.
Chorispora tenella (Pall.) DC.
Anisociadium orientale DC.
Phlomis Bruguieri Desf.
Centaurea phyllocephala Boiss.

2. Acérinées, Staphyléacées, Ilicinées, Célastrinées, Callitrichinées, Datiscacées, Araliacées, Cornées, Caprifoliacées, Ericacées, Pyrolacées, Monotropées, Cytinées, Santalacées, Laurinées, Juglandées, Palmiers, Gnétacées, Equisétacées, Sélaginellées.

Les plus répandues sont l'orobanche *Muteli* Schultz, l'orobranche *ramosa* L. (ḥalûḳ rihi حلوق رهي), qui s'attaquent aux plantations d'aubergines, et l'orobranche *cruenta* Forsk (ḥalûḳ maṭabi حلوق متبي), qui dévaste les champs de Légumineuses.

Un des caractères dominants de la zone des plateaux est la disparition des peuplements arborescents.

Sauf à Chtaura, dans la Békaa, on chercherait vainement un groupe ligneux assez important pour mériter le nom de bois, à moins de considérer comme tels les vergers des grandes villes : abricotiers de la Ghouta et pistachiers d'Alep.

C'est tout au plus si quelques maigres rideaux d'arbres, des peupliers le plus souvent, et une dizaine d'espèces de saules bordent les rives des ruisseaux ou ombragent le bassin des sources.

Les berges de l'Euphrate sont nues. C'est dans le lit même du fleuve, sur les laisses ou les atterrissements qu'il faut chercher le peuplier de l'Euphrate[1], si curieux par ses feuilles différentes suivant qu'elles sont portées par des rameaux stériles ou des branches fertiles. C'est là aussi que croissent les tamaris de Smyrne ou du Tigre [2]. Ces derniers n'apparaissent que sous la forme de modestes buissons. En réalité, leur ramure seule dépasse le sol ; sous le sable ou le limon, se dissimulent des troncs assez puissants pour servir de bois de chauffage.

La végétation frutescente n'est guère plus abondante. De rares câpriers [3], *Caparis spinosa* L. (el-aṣaf أصف), s'accrochent aux rochers ou aux vieux murs. Ici et là, un buisson d'amandier sauvage aux feuilles argentées, d'aubépine, *Crataegus Azarolus* L. (zaʿroûr زعرور) ou de *Lycium* épineux [4].

Un second caractère de la zone des plateaux est qu'une grande partie de sa superficie est mise en culture : champs de blé, d'orge, de fèves, de vesces, de lentilles, en été de melons, s'étirent parfois jusqu'à l'horizon. Le sorgho,

1. *Populus euphratica* Oliv.
2. Variétés du *Tamarix pentandra* Pall.
3. *Capparis spinosa* L.
4. *Amygdalus orientalis* Willd.
Crataegus Azarolus L.
Lycium europaeum L.

le maïs, avoisinent les nappes d'eau. Le riz y baigne ses racines aux alentours de Kamechliyé.

La flore se ressent nécessairement de cette situation.

Nous nous trouvons en présence d'une végétation constituée soit par des plantes annuelles dont le cycle végétatif se termine avant ou pendant la moisson, soit par des plantes vivaces dont les racines ou les bulbes peuvent suffisamment s'enfoncer dans le sol pour n'être pas atteintes par l'araire du paysan.

Tel est notamment le cas de certains astragales, de l'*Alhagi* (hâjj حاج), de la *Prosopis* (kharnoûh خرنوب) et de la réglisse [1] (sûs سوس), dont la racine sucrée est, dans les cultures du Nord, assez abondante pour devenir un article d'exportation.

C'est vers la fin de janvier que, dans les champs, les petites fleurettes jaunes du cératocéphale en faux, et le bouquet blanchâtre à demi inhumé du colchique en faisceau manifestent l'approche du renouveau. Elles sont suivies de près par la malcolmie crénelée, qui forme par endroits de véritables tapis d'un rose tendre et que remplace, sous les oliviers, le nom moins rose silène égyptien [2] (aḥlawân أحلوان).

A mesure que le printemps s'avance, deux Berbéridées vivaces, le *Bongardia Chrysogonum* L. et le *Leontice Leontopetalum* L. (khamirat adhâr خميرة ادهار) prennent dans les guérets syriens une place prépondérante.

Quelques plantes annuelles, des héliotropes, des euphorbes, la *Crozophora tinctoria* L. (fakkûs el-ḥamâr فقوس الحمار) s'installent pourtant dans les champs après la moisson. Mais dans les terres soignées, vers la fin de l'été, les chaumes même ont disparu. Seuls les gundelias [3] ('akkûb عكوب), détachés de leur souche et offrant au vent brûlant les palettes de leurs feuilles coriaces, roulent

1. *Astragalus aleppicus* Boiss.
Astragalus neurocarpus Boiss.
Alhagi Maurorum DC.
Prosopis Stephaniana. Willd.
Glycyrrhiza glabra L.
2. *Ceratocephalus falcatus* L.
Colchicum fasciculare. Boiss.
Malcolmia crenulata DC.
Silene ægyptiaca L.
3. *Gundelia Tournefortii*, L., Composée épineuse, particulièrement estimée des chameaux ainsi que la *Prosopis* citée plus haut.

sur le sol nu et exécutent dans la vaste plaine des bonds désordonnés, jusqu'à ce qu'ils viennent s'amasser contre un obstacle ou culbuter dans un fossé.

Ce sont surtout les parties pierreuses ou rocheuses du sol, qui donnent une idée de ce que peut être la flore syrienne lorsqu'elle n'est pas modifiée par le travail humain.

Au début de l'année végétale, elles sont le domaine des anémones bleues ou rouges (shakâïk شقائق), puis du gracile *Iris sisyrinchium* L., qui ne s'ouvre que l'après-midi et de nombreuses Graminées, dont l'orge bulbeuse [1] (ḳurrâm قرّام).

Plus tard, apparaissent la renoncule d'Asie aux pétales couleur de sang, puis l'asphodèle [2] (ghawṣalan غوصلان), qui forme pendant quelques semaines de véritables champs.

Vers le mois de mai, les plantes annuelles se flétrissent et laissent la place aux *xérophytes* adaptées aux terrains secs et susceptibles de continuer à se développer nonobstant une sécheresse prolongée. C'est l'heure de Labiées (*Salvia*, *Calamintha* etc.), dont les glandes distillent des essences aromatiques, de l'*Eryngium* de Crète (ḳurṣʿanné قرصعنّة) aux fleurs et aux bractées bleues, de la *Notobasis* de Syrie [3] aux fleurs roses, des cousinias et de tant d'autres Composées épineuses que le profane classe dans la commode et nombreuse famille des Chardons.

C'est aussi l'époque où pullule le *Peganum* [4] (ḥarmal حرمل), qui est également un habitué des steppes.

Au Sud, dans le Djaulan ou sur les bords du lac de Tibériade, certaines grandes Ombellifères telles que la férule commune, ou le fenouil poivré [5] (shumâr شمار) prennent une telle prédominance qu'elles deviennent un élément caractéristique du paysage.

En automne et jusqu'en décembre, certaines plantes à bulbes se mettent à fleurir sans attendre leurs feuilles qui ne pousseront qu'au printemps.

Telles sont le *Sternbergia*, qui constelle certaines régions et particulière-

1. *Hordeum bulbosum* L.
2. *Ranunculus asiaticus* L.
   Asphodelus microcarpus Viv.
3. *Notobasis syriaca* L.
4. *Peganum Harmala* L.
5. *Ferula communis* L.
   Foeniculum piperitum Ucria

ment le Bec de Canard de ses gracieuses corolles en forme de calice doré, les *Crocus* [1], au périgone zébré de blanc et de violet, à moins que ce ne soit de jaune et de brun, ou enfin certaines espèces de colchiques.

Si bien qu'on peut dire qu'en aucune saison la terre syrienne n'est complètement dépourvue de fleurs.

Dans la plaine de l'Amouk, les ondes combinées du Qara Sou, de l'Afrine et de l'Oronte alimentent les vastes marais d'Antioche, qu'on ne saurait passer sous silence, car ils forment peut être dans la région syrienne le plus considérable domaine de la flore palustre : joncs, roseaux, cyperus, scirpes et carex.

Dans l'eau même, se développent le *Salvinia*, le *Sparganium* rameux, plusieurs espèces de *Potamogeton*, le butome en ombelle, le nénuphar, le *Nymphea*, le *Myriophyllum* en épis, l'oenanthe, l'utriculaire et une renoncule aquatique qui, au printemps, couvre tous les fossés et les canaux d'un réseau de fleurs blanches.

Près des rives, croissent la jussie rampante, l'*Alisma* et l'iris à fleurs jaunes [2].

1. *Sternbergia stipitata* Boiss. et Hausskn.
Crocus cancellatus Herb.
Crocus graveolens Boiss. et Reut.

2. *Cyperus longus* L.
Carex gracilis Curt.
Salvinia natans L.
Sparganium ramosum Huds. (khabbûk الخبوق)
Butomus umbellatus L.
Nuphar luteum L. (bishnun-el-khanzîr بشنوق الخنزير)
Nymphaea alba L.
Ranunculus sphaerospermus Boiss. et DC.
Myriophyllum spicatum L.
Oenanthe aquatica L.
Utricularia vulgaris L.
Jussiaea repens L.
Alisma Plantago—aquatica L.
Iris pseudacorus L.

LE DÉSERT

Nous désignons sous ce vocable, non seulement la partie non cultivée de la Chamiyé, qui commence aux derniers champs des villages situés à l'Est de Damas, de Homs, de Hama et d'Alep, pour se terminer, en ce qui concerne la Syrie, à la frontière irakienne et au fossé que dominent les falaises de l'Euphrate, mais aussi toute une partie de la haute Djéziré, située au Nord du même fleuve, et que limitent grosso modo le cours inférieur du Khabour, celui du Balikh et le chaînon du Djebel Abd el Aziz.

Cette vaste région est loin d'être uniforme. Si elle est composée en majeure partie de plaines, elle renferme aussi des massifs montagneux, les uns d'origine sédimentaires et les autres d'origine éruptive. Les premiers, les plus élevés, peuvent atteindre jusqu'à 1490 mètres, entre Dmeir et Palmyre ; mais l'altitude moyenne oscille autour de 100 mètres.

Le terme de désert, consacré par l'usage, n'est pas tout à fait exact. Si les montagnes se montrent plutôt réfractaires à la végétation, les thalwegs des ouadis desséchés qui les burinent, et la plus grande partie des plaines ne sont pas radicalement stériles.

Lorsque les hivers ont été pluvieux, le sol se couvre au printemps d'une flore éphémère, mais abondante.

Il s'agit plutôt en réalité d'un immense steppe.

Le steppe syrien est caractérisé par l'absence de cours d'eau pérennes ; par la rareté des ouadis pouvant servir à drainer les eaux du ciel et par un climat désertique du type saharien. La pluviosité y est très faible et limitée presque exclusivement aux mois d'hiver, particulièrement décembre et janvier.

Palmyre compte seulement, par an, 21 à 22 jours de pluie, représentant une hauteur d'eau de 82 millimètres.

La haute Djéziré est un peu plus favorisée, puisqu'elle en reçoit entre 100 et 250 millimètres.

La nébulosité étant très faible, le rayonnement nocturne est d'autant plus actif, et l'on note des écarts de température considérables entre le jour et la nuit, dépassant 30 degrés. Le maximum d'été est de 47°, le minimum d'hiver de — 8°.

Les pluies d'hiver ne trouvant pas de vallées pour s'écouler, leurs eaux s'accumulent dans les larges mais peu profondes cuvettes que constituent les *khabra*, où elles s'évaporent sous l'action du vent ou de la chaleur solaire, en abandonnant les sels qu'elles avaient entraînés en dissolution.

Ces conditions climatiques expliquent les irrégularités que présente, d'une année à l'autre, la végétation, selon que les précipitations atmosphériques ont été abondantes ou insuffisantes. Dans ce dernier cas, il arrive que pendant plusieurs années successives des régions couvertes normalement de pâturages saisonniers restent stériles.

Ces revirements affectent les itinéraires de la transhumance. Bergers irakiens et nomades savent qu'avant de lancer leurs bêtes à travers le steppe, il leur faut s'enquérir soigneusement de la situation des pâturages et des points d'eau.

Les plantes annuelles doivent avoir accompli le cycle de leur existence, qui commence en novembre ou en décembre, avant le mois de mai. Encore n'ont elles pas toujours le temps d'arriver à maturité et sont elles parfois prématurément desséchées par le souffle brûlant de quelque coup de *khamsin*. Cet accident n'entraine cependant pas la disparition de l'espèce. La nature prévoyante a paré à ce danger. Toutes les graines d'une année ne lèvent pas l'année suivante et il en reste toujours pour attendre la chance heureuse d'une germination.

Les plus abondantes de ces plantes annuelles, sinon par la variété, du moins par le nombre, appartiennent à la famille des Graminées : *Bromus*, *Eremopyrum*, *Hordeum*, *Schismus*, *Elymus* à tête de Méduse [1].

Mais les familles des Crucifères, des Papilionacées, Borraginées (genre *Arnebia*) sont aussi abondamment représentées.

Parmi les plantes vivaces, les espèces bulbeuses qui accumulent une réserve liquide, jalousement protégée par une épaisse couche de fibres contre

1. *Bromus madritensis* L.
Bromus lanceolatus Roth.
Bromus flabellatus Hack.
Eremopyrum squarrosum Jaub et Sp.
Eremopyrum orientale L.
Hordeum murinum L. (abu-mashi ابو مشي)
Schismus arabicus Nees.
Elymus Caput-Medusae L.

la chaleur transmise par le sol, semblent particulièrement privilégiées. Pourtant, il semble que leur germination ait aussi besoin d'être stimulée par les pluies d'hiver. Nous avons vu rester nus, pendant plusieurs années sèches consécutives, des espaces où s'étaient précédemment épanouis en touffes nombreuses ces iris d'un violet noir qui font la joie du désert.

Les principaux éléments de cette flore à bulbes sont fournis par les familles des Iridées : crocus (zaʿfarân الزعفران), iris (sûsân السوسان) et des Liliacées : colchiques (sirâj-ul ghulâh سراج الغلاة), tulipes, gagea, muscari, ornithogales, aulx, bellevalia.

Les autres plantes vivaces sont le plus souvent ligneuses à la base et se développent à proximité du sol quand elles ne s'y aplatissent pas, comme l'*Ephedra alata* Decne (ʿadâm العدام), le sainfoin ptolemaïque (khansarat ul ʿarus خنصرة العروس) ou l'*Erodium* à feuilles glauques (kabshiyyah كبشية), qui par endroits tapissent littéralement le désert.

La férule de Blanche (abu ut ṭayib ابو الطيب), qui se dresse au contraire bien droite, les Labiées telles que la sauge de Palestine (kharnah الخرنة), le *Salvia ceratophylla* L., recherchent plutôt les pierres ou les rochers.

L'armoise à balais, le *Zygophyllum eurypterum* Boiss. et Buhse s'élèvent, dans les sables à la hauteur de buissons.

Quant à la végétation arborescente, en dehors des palmiers de Palmyre et de Soukhné, peut être introduits, elle est inexistante, si l'on en excepte les pistachiers khinjuk (buṭm akhḍar البطم الاخضر), qui sur près de trente kilomètres peuplent le Djebel Abd el Aziz, et qui, malheuresement, abandonnés sans protection à la hache du Bédouin, sont appelés à disparaître.

Encore est-il qu'ils n'occupent que le versant septentrional du massif et que si ce dernier n'était pas aussi dépourvu d'eau, on pourrait assez légitimement leur contester le droit d'appartenir à la flore steppique.

De nombreuses familles végétales contribuent à peupler le désert ; mais deux surtout s'en disputent l'empire ; ce sont les Graminées (*Stipa*, *Poa*)[1], qui par grandes plaques couvrent le sol d'un feutre serré et les Chénopodiacées. Ces dernières sont des plantes *halophytes* c'est à dire des terrains salés.

1. *Poa sinaica* Steud, surtout
Stipa barbata Desf.
Stipa Fontanesii Parl.
Stipa retorta Cav.
Stipa parviflora Desf.

On distingue deux catégories de terrains salés :

1° — ceux qui renferment surtout du chlorure de sodium : ce sont ceux des régions côtières, qui doivent leur salinité à l'eau marine.

2° — ceux d'origine climatique, où la salinité du sol provient d'une forte évaporation non compensée par une chute d'eau suffisante et où la quantité de sulfate de sodium, de magnésium et de carbonate augmente au détriment de celle de chlorure : ce sont ceux des déserts et des steppes.

C'est bien entendu à la catégorie des sols à sulfates qu'appartient le steppe syrien.

La plupart des *halophytes* sont des plantes grasses ou succulentes, dont les tissus constituent des réservoirs gorgés d'eau et sont ainsi susceptibles de supporter une évaporation intense.

Les Chénopodiacées du désert syrien, dont nous ne citerons que les plus répandues [1], sont au nombre d'une trentaine. Elles couvrent des milliers d'hectares de leurs broussailles basses et serrées. Teintées par l'automne, elles offrent un magnifique spectacle et peuvent fournir à l'Européen l'illusion d'une lande infinie couverte de bruyères roses.

Bien qu'il s'étende sur plus de 350 kilomètres et qu'il englobe des terrains différents, calcaires et basaltiques, le steppe syrien, en raison de son unité climatique, présente une flore assez homogène.

Gunnar Samuelsson [2] a démontré que pour le désert de Syrie proprement dit, pris sur l'itinéraire Damas-Bagdad, les éléments irano-touraniens dominaient, mais avec une forte proportion saharo-sindienne.

On peut, sans trop s'avancer, considérer que cette dernière va en s'atténuant à mesure qu'on remonte vers le Nord.

Pour beaucoup des plantes qui représentent le groupe saharo-sindien, l'Euphrate paraît constituer une barrière extrême.

Les espèces endémiques sont relativement peu nombreuses : elles appar-

1. *Salicornia fruticosa* L. (ghassûl الغسول)
Haloxylon articulatum Cav. (nikûn النيكون)
Salsola inermis Forsk. (kummayli القميلي)
Salsola glauca MB.
Anabasis articulata Forsk. (ushnân الأشنان)
2. Notes on two collections of Plants from Syria, etc. *Svensk Botanisk Tidskrift*, Bd 29, H 3, 1935.

tiennent principalement aux familles des Scrophulariées, Labiées et Chénopodiacées [1]. La plupart ont été signalées par POST, notamment le rare *Verbascum* de Palmyre, dont on ne connut longtemps qu'un exemplaire unique et incomplet.

Beaucoup d'espèces du désert ont vraisemblablement été importées d'Irak ou d'Arabie par les troupeaux transhumants et les caravanes. Un intéressant chapitre de la flore syrienne serait à écrire pour le botaniste qui, épluchant la toison des moutons et des chameaux, identifierait les graines qu'elles transportent. Ce travail permettrait vraisemblablement d'établir les titres d'origine d'un certain nombre de nos plantes steppiques et de constater, surtout d'Est en Ouest, une pacifique migration végétale.

CONCLUSION

En résumé, la flore de la Syrie, du Liban et de la région d'Antioche est constituée par la réunion de plusieurs flores assez différentes :

flore du littoral
flore de l'Amanus Cassius
flore du Liban et de l'Anti-Liban.
flore des plateaux et des plaines
flore du désert.

Toutes renferment des éléments communs qui les relient entre elles et leur donnent une certaine unité.

1. *Anisociadium isosciadium* BORNM
Lappula oligacantha BOISS.
Verbascum Antari POST
Verbascum Karyeteini POST
Verbascum palmyrense POST
Celsia glandulifera POST
Molucella lanata POST
Linaria Gombaultii THIEBAUT
Teucrium coniortodes BOISS. et BL.
Limonium palmyrense POST
Atriplex Antrani POST
Salsola Antrani POST
Allium Karyeteini POST

Nous ne voudrions cependant pas que l'on prit trop au pied de la lettre les lignes qui précèdent. La botanique ne se prête guère aux affirmations catégoriques. La flore d'un pays n'est pas un jardin aux parterres alignés au cordeau et où les plantes n'ont pas le droit de passer d'un massif dans l'autre. C'est plutôt un ensemble de microflores, d'étendues très variables, conditionnées par le sol, l'exposition, l'humidité, la température etc., parfois juxtaposées et plus souvent enchevêtrées. Elles se refusent à entrer dans des cadres trop rigides.

Si, pour raison de commodité, nous avons étudié séparément le Liban et l'Anti-Liban, cela ne veut pas dire que les flores de ces montagnes, dont nous avons par ailleurs marqué les affinités, soient sur toute leur étendue nettement et uniformément différenciées. Il y a plus de ressemblances entre le versant Ouest de l'Anti Liban et le versant Est du Liban qu'entre ce dernier et le versant Ouest. Un phytosociologue serait vraisemblablement amené à sectionner son étude en conséquence. Et pourtant la flore de l'ouadi Fouara, qui, sur le versant Est du Liban, rappelle celle du versant Ouest, viendrait contrarier sa classification.

De ce que nous avons groupé toutes les plaines, il ne faudrait pas inférer que l'aspect de la végétation y soit partout le même. Dans la seule Bèkaa, la flore est très variée. Alors que, dans le Sud, elle s'apparente à celle du versant libanais occidental, à Baalbek, elle se rapproche de celle de l'Anti-Liban ; plus au Nord elle évoque le désert.

Il convient donc et pour longtemps encore, de se garder de généralisations trop systématiques. Tout au moins convient-il de ne leur accorder que la valeur de fils plus ou moins grossiers, mais commodes, pour relier des faits et des observations.

C'est dans cet état d'esprit que nous prions le lecteur de se placer.

EXPLICATION DES PLANCHES

Ces planches ont été composées par L. Dubertret; leur explication a été établie avec le concours du R.P. Paul Mouterde. Les localités citées sont situées Fig. 1—3.

Pl. IV, Fig. 1. — Région du Migir Tepe, Giaour Dagh (Turquie)[1] ; terrain primaire schisto-gréseux.
Forêt de *Cedrus Libani* Loud..

Fig. 2. — Bcharré (Liban Nord)[1] ; éboulis calcaires.
Le cèdre du drapeau libanais.

Pl. V, — Elma Dagh, au-dessus de Sogukoluk (Turquie); roches vertes.
Forêt d'*Abies cilicica* (Ant. et Ky.) Carr.

Pl. VI, — Carnaklik, entre Djebel Moussa et Kizil Dagh (Turquie); diorites.

Fig. 1. — Forêt de *Carpinus orientalis* Mill..

Fig. 2. — Sous-bois de *Buxus longifolia* Boiss..

Pl. VII, Fig. 1. — Kizil Dagh (Turquie), région des crêtes ; pyroxénolites.
Forêt de *Pinus halepensis* Mill..

Fig. 2. — Khoderbek, Djebel Moussa (Turquie) ; bord du ruisseau.
Platanus orientalis L..

Pl. VIII, Fig. 1. — Daz Tepe (Turquie); crête de calcaire nummulitique.
Quercus cerris L..

Fig. 2. — Djebel Moussa vu du col menant au Kizil Dagh (Turquie); diorites.
Pinus halepensis Mill., *Quercus cerris* L., *Pteris aquilina* L., etc..

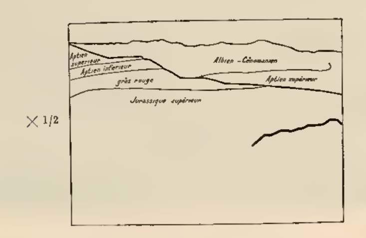
Pl. IX, Fig. 1. — Dreikich (Djebel Alaouite); calcaires cénomaniens.
Bois sacré de *Quercus calliprinos* Webb..

Fig. 2 — Djebel Alaouite[1], Liban, Anti-Liban, dans les rochers.
Cyclamen persicum Mill..

PL. X, FIG. 1. — Djebel Qammouaa, extrême Nord du Liban ; calcaires dolomitiques de la base du Cénomanien.
Forêt d'*Abies cilicica* (ANT. et KY.) CARR..

FIG. 2. — Hadeth ed-Djoubbé (Liban-Nord)[2].
Forêt de *Cedrus Libani* LOUD.
Derrière la pointe des cèdres, les lapiaz jurassiques ; au-dessus, sombre, le Crétacé inférieur argilo-gréseux et basaltique ; à l'arrière plan, les calcaires du Crétacé moyen.

× 1/2



PL. XI, FIG. 1. — Afka, (Liban Nord) ; éboulis au pied de la grande falaise calcaire du Crétacé moyen.
Forêt de *Juniperus excelsa* M. B..

FIG. 2. — Kfour, (Liban Nord)[1], bord de route.
Cupressus excelsa M. B. .

PL. XII, FIG. 1. — Entre Beyrouth et Beit Méri ; grès de la base du Crétacé.
Forêt de *Pinus Pinea* L..

FIG. 2. — Flanc du Djebel Kneïssé (Liban central)[1] ; auprès des sources du grès de la base du Crétacé.
Rhododendron ponticum L. .

PL. XIII, FIG. 1. — Vergers de Zebedani, Anti-Liban.
Abricotiers, pommiers. noyers. grenadiers, etc..

FIG. 2. — *Asphodelus aestivus* BROT. [1].

1. *Extrait de* L. DUBERTRET et J. WEULERSSE. Manuel de Géographie, Syrie, Liban et Proche-Orient.

2. *Extrait de* L. DUBERTRET. La carte géologique au millionnième de la Syrie et du Liban. *Rev. Géogr. Phys. Géol., Dyn.*, T. VI, F. 4, Pl. XVI, 1933.

Pl. XIV. Fig. 1. — Forêt de Kafer et cône volcanique du Qoulib (Djebel Druze). Terrain basaltique.

Quercus calliprinos Webb., *Crataegus sinaica* Boiss., *Crataegus azarolus* L. .

Fig. 2. — Vallée du Yarmouk, à la limite méridionale des nappes basaltiques du Hauran, encaissée dans des marnes crayeuses du Crétacé supérieur-Nummulitique.

Phœnix dactylifera L. .

Pl. XV. Fig. 1. — Djebel Abd el-Aziz (Haute Djéziré). La steppe au printemps.

Forêt de *Pistacia Khinjuk* Stocks., sur calcaires poreux et gypses miocènes.

Fig. 2. — Barrage sur le Khabour à proximité de sa source à Ras el Aïn (Haute Djéziré). La source est alimentée par les contreforts calcaires du Taurus ; son débit, extrêmement régulier, est de l'ordre de 40 mètres cubes par seconde.

Populus euphratica Oliv. .

Fig. 1 *Cl. L. Dubertret*

Fig. 2 *Cl. Photosport*



Cl. L. Dubertret





Cl. L. Dubertret



Fig. 1 *Cl. L. Dubertret*



Fig. 2.
Cl. Seraydarian (Antioche)



Cl. L. Dubertret

Fig. 1 *Cl. X*

Fig. 2 *Cl. L. Dubertret*



Cl. L. Dubertret

Cl. L. Dubertret



Cl. L. Dubertret



Cl. Ph[illegible]



Cl. Lemaire



Cl. L. Dubertret

Cl. H. Vautrin

Cl. J. Weulersse

LA TECTONIQUE PROFONDE DE LA SYRIE ET DU LIBAN

ESSAI D'INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE DES MESURES GRAVIMÉTRIQUES

PAR

H. DE CIZANCOURT

INTRODUCTION

Les mesures de l'intensité de la pesanteur effectuées par le R. P. Lejay, en Syrie et au Liban, apportent à la connaissance de la géologie profonde du Proche-Orient des éléments nouveaux qui sont susceptibles de jeter un peu de clarté sur des problèmes obscurs de tectonique profonde. Déjà en 1938, le R. P. Lejay a tiré d'importantes conclusions de ses mesures en ce qui concerne l'équilibre isostatique des montagnes du Liban et de l'Anti-Liban. Un peu plus tard, A. Bourgoin a précisé un certain nombre de points. Il a repris, en particulier, avec plus de détail, le calcul des anomalies de Bouguer, en se fondant d'une part sur les éléments géologiques probables de la coupe des terrains, comprise entre le niveau de la mer et celui de chaque station, et d'autre part sur des mesures de densité effectuées au laboratoire. Les différences entre les chiffres adoptés par le R. P. Lejay et A. Bourgoin ne sont généralement pas considérables, sauf pour quelques stations isolées et en tout cas, ne sont pas susceptibles de modifier les conclusions générales. Cependant, A. Bourgoin a dessiné une nouvelle carte des anomalies de Bouguer, qui, sans différer organiquement de celle du R. P. Lejay, met en évidence d'une façon

plus saisissante les idées de l'auteur, par un dessin plus interprétatif des isanomales.

C'est à la suite d'une conversation avec M. DUBERTRET que l'idée de cette note est née, mais le travail que je présente aujourd'hui est conçu dans un esprit bien différent de celui qui a animé les deux précédents : c'est essentiellement un essai d'interprétation géologique des mesures géophysiques.

Il m'est agréable, à cette occasion, de remercier tout spécialement M. L. MIGAUX, Directeur Général de la COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE, qui a bien voulu examiner le manuscrit de cette note, me faisant bénéficier de son expérience et de ses observations, et qui, en outre, a fait exécuter par cette compagnie le calcul des corrections topographiques et isostatiques.

On sait, cependant, qu'il est impossible, d'une anomalie gravimétrique donnée, de déduire la disposition des masses profondes : le problème est indéterminé et n'est pas soluble par le calcul. Force est donc de fonder les interprétations sur des hypothèses complémentaires, qui sont d'autant plus hardies que nos idées sur la constitution des 100 premiers kilomètres de l'écorce terrestre sont encore très vagues. Ces hypothèses porteront essentiellement sur l'allure générale des plissements et sur la répartition des densités en profondeur. Les conclusions de l'interprétation varieront donc dans des limites assez larges suivant la nature de ces hypothèses fondamentales.

L'existence ou la non-existence d'un état d'équilibre isostatique est une des conclusions les plus importantes que l'on tire des études gravimétriques. Cette préoccupation a également inspiré les travaux du R. P. LEJAY et les interprétations de A. BOURGOIN, mais l'équilibre ou le déséquilibre isostatique, eux non plus, ne sont pas, comme on a trop souvent tendance à se l'imaginer, une conséquence mathématique des mesures gravimétriques et, là encore, des hypothèses fondamentales, en modifiant les procédés de calcul, peuvent conduire à des valeurs très différentes des anomalies à l'isostasie et, par voie de conséquence, à des interprétations structurales distinctes. On peut donc dire que le fait de retrouver, en imaginant une certaine disposition de masses, des anomalies de la pesanteur de même allure que celles réellement observées, ne prouve nullement que cette disposition est plus probable que toute autre, puisqu'avec un dispositif différent on pourrait également retrouver une courbe analogue.

Le seul critère que nous pouvons utiliser pour présenter une certaine

disposition comme plus vraisemblable qu'une autre est précisément qu'elle conduit à une conception de l'isostasie plus conforme à l'idée générale que nous nous faisons de l'équilibre des masses à l'intérieur de l'écorce et, par voie de conséquence, à une topographie plus conforme à celle qui existe réellement.

On voit donc combien tout essai d'interprétation de ce genre est fragile et c'est avec cette restriction liminaire, seulement, que je pense pouvoir prendre la liberté d'exprimer ici une hypothèse sur la tectonique profonde des Etats du Levant.

Les principales incertitudes qui vicient à la base tout travail de ce genre sont de plusieurs ordres.

En premier lieu, la valeur absolue elle-même des mesures est affectée d'une assez grande incertitude, puisque le géoïde de référence n'est pas exactement connu. Les différentes formules donnent pour la valeur normale de l'intensité de la pesanteur des chiffres variant, dans la zone considérée, de 16 mgals entre l'ellipsoïde de Helmert et l'ellipsoïde international, et de 14 mgals entre ce dernier et l'ellipsoïde triaxial d'Heiskanen, soit une amplitude de 30 mgals. Cela, bien entendu, n'affecte pas les valeurs relatives.

En second lieu, les hypothèses sur lesquelles sont fondées les interprétations sont généralement celle d'Airy ou celle de Pratt : la première suppose l'existence de deux milieux de densités différentes, disposés de telle façon que l'un flotte sur l'autre ; l'autre, celle de Pratt, ne fait pas intervenir une loi de variation des densités, mais admet la présence d'une surface de compensation telle que les prismes verticaux compris entre cette surface et le sol aient tous le même poids. L'hypothèse d'Airy peut, en fait, être considérée comme un cas particulier de celle de Pratt.

Les géologues, d'une façon générale, ont pour l'hypothèse d'Airy une sympathie non déguisée : l'existence d'une croûte de Sial flottant sur un Sima dense se prête à une explication simple des problèmes de tectonique profonde tels que ceux posés par l'isostasie, les racines des chaînes de montagnes, etc... Plus récemment, les travaux de Vening-Meinesz et ceux de von Kuenen ont été appuyés sur la même distinction d'une croûte flottante. D'une façon générale, l'hypothèse d'Airy est parfaitement consistante avec la tectonique

des chaînes de montagnes et la présence de racines de Sial enfoncées dans le Sima. Dans le domaine océanique, par contre, par le fait qu'elle localise la cause des anomalies à faible profondeur, elle conduit à des conclusions qui sont parfois embarrassantes, comme nous le verrons par la suite.

L'hypothèse de Pratt, au contraire, est caractérisée par le fait que la loi de répartition des densités n'est pas définie, ce qui lui donne infiniment plus de souplesse, tout en lui laissant l'inconvénient de ne pas se prêter à une interprétation structurale.

Dans ce qui suit, et pour des raisons qui seront précisées ultérieurement, je développerai une méthode de calcul qui s'apparente davantage à l'hypothèse de Pratt et qui écarte comme trop peu souple l'hypothèse d'Airy.

CORRECTION GÉOLOGIQUE

L'anomalie de Bouguer, telle qu'elle a été définie à l'origine, rassemble en réalité plusieurs anomalies, qui peuvent, en s'ajoutant, donner une image déformée du phénomène profond à l'étude duquel elle se prête cependant particulièrement bien. Ce sont :

a) l'influence des hétérogénéités du substratum profond au voisinage de la verticale du point de station,

b) l'influence des hétérogénéités superficielles dues à la structure géologique au voisinage du point de station,

c) l'influence des hétérogénéités lointaines et, en particulier, des reliefs topographiques et de leurs masses compensatrices (dans l'hypothèse où elles sont compensées isostatiquement).

Les interprétations de tectonique profonde devront être fondées sur l'influence a), les influences b) et c), au contraire, étant à éliminer.

Vening-Meinesz a appelé *anomalie de Bouguer modifiée* l'anomalie de Bouguer corrigée de l'influence des masses topographiques et de leurs compensations situées à une distance supérieure à 166,7 km...

Enfin, Bullard a donné un moyen pratique de tenir compte de l'influence de la sphéricité de la terre, qui d'ailleurs ne devient sensible que pour les stations d'altitude élevée.

Dans le cas particulier qui nous occupe, la correction des compensations

de la Méditerranée abaisse d'à peine une dizaine de mgals les valeurs des stations côtières, alors que celle de l'influence du Taurus et du plateau arabique remonte l'ensemble des valeurs syriennes de quelques mgals.

Le contraste entre la zone côtière et son arrière pays va donc s'atténuer. En fait, c'est ce qu'obtient A. Bourgoin en compensant uniquement la Méditerranée; mais ce procédé n'est guère recommandable, car on ne voit pas comment se justifie l'idée de tenir compte des compensations de certains reliefs sans tenir compte des autres.

L'influence des hétérogénéités superficielles n'est généralement pas prise en considération, mais récemment cependant, P. Evans et W. Crompton ont montré tout le parti que l'on pouvait tirer de leur calcul. Dans notre région, à formations calcaires très développées, ce sont essentiellement les marnes et les marno-calcaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire qui peuvent influer sur les valeurs de g.

Le tableau p. 162 donne les valeurs de l'anomalie de Bouguer d'après A. Bourgoin, ainsi que celles des diverses corrections, étant entendu que la correction géologique n'a été indiquée que pour les stations où sa valeur dépasse 5 mgals.

Suivant la terminologie des auteurs précédents, nous appellerons anomalie G l'anomalie qui comprend la correction de Bouguer modifiée suivant Vening-Meinesz, la correction de sphéricité et la correction géologique d'Evans-Crompton.

HYPOTHÈSES FONDAMENTALES

Les hypothèses fondamentales qui seront successivement prises en considération sont les suivantes :

A — Hypothèse d'une croûte légère flottant sur le Sima : c'est l'hypothèse classique d'Airy, qui est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'insister, mais qui conduit, étant donnée l'amplitude des variations de l'accélération de la pesanteur dans le territoire considéré, à imaginer des changements d'épaisseur de la croûte légère, qui paraissent peu vraisemblables. Une discussion complète de cette question ne peut toutefois trouver sa place dans les limites trop étroites de cette note.

TABLEAU I.

N° des stations (1)	Stations (2)	Anom. de Bouguer (3)	Correct. topogr. isostat. (4)	Correct. de sphéricité (5)	Anom. de Bouguer modifiée (6)	Correct. géolog. (7)	Anom G. (8)
1	Alexandrette	— 23	12,7	0	— 10		
2	Beyrouth	+ 51	— 1,5	0	+ 49		
3	Ksara	— 30	0,2	1,1	— 29		
4	Jdaïdé	— 2	0,6	1,4	0	+ 18	— 11
5	Damas	— 44	2,1	0,8	— 41		
6	Khâne Abou Chamâte .	— 41	4,5	0,9	— 36		
7	Sabaa Biar	— 41	7	1	— 33		
8	Djebel Tenf	— 64	9,9	0,8	— 53	+ 11	— 22
9	Bir El-Helba	— 64	9,2	0,7	— 54		
10	Djebel-el-Marâh . . .	— 32	9	1,2	— 22		
11	Palmyre.	— 33	9	0,5	— 23		
12	T 3	— 43	10,2	0,5	— 32		
13	T 2	— 5	12	0,5	+ 7	+ 8	— 26
14	Abou Kemal	— 8	12,8	0,2	+ 5		
15	Deir Ez-Zor	— 5	13,9	0,2	+ 9		
16	Hassetché	— 13	24,2	0,4	+ 12		
17	Tell Aalo	— 41	25,2	0,5	— 15		
18	Aïn Divâr	— 89	24	0,5	— 65		
19	Qamichliyé.	— 39	25,5	0,6	— 14		
20	Raâs-El-Aïn	— 30	24,5	0,5	— 5		
21	Tell Abiad	— 31	19,5	0,5	— 11		
22	Raqqa	— 8	14,8	0,3	+ 7		
23	Meskène	— 9	12,9	0,5	+ 4		
24	Alep	— 9	12	0,5	+ 3		
25	Antioche	+ 11	10	0,1	+ 21		
26	Ordu.	— 5	7,9	0,5	+ 3	— 9	+ 12
27	Lattaquié	— 16	5	0	— 11	— 13	— 10
28	Tripoli	+ 10	. 0,4	0	+ 10		
29	Bcharré	+ 20	1,1	1,4	+ 27	+ 28	+ 38
30	Dahr El-Baider . . .	+ 23	— 0,4	1,5	+ 24		
31	Baalbek	— 25	1,8	1,3	— 22		
32	Nebek	— 51	4,5	1,4	— 45	+ 8	— 14
33	Homs	— 42	4	0,6	— 37		
34	Hama	+ 2	4,6	0,4	+ 7	+ 8	— 29
35	Massiaf	+ 27	3	0,6	+ 31		
36	Maarret En-Naamâne .	+ 1	7,2	0,6	+ 9		
37	Idlib	0	9	0,5	+ 9		
38	Jisr Ech-Chorhour . .	— 3	7,7	0,1	+ 5		
39	Tartous	+ 38	0,9	0	+ 39	+ 21	+ 26
40	Krac des Chevaliers. .	+ 13	2,2	0,7	+ 16		
41	Jezzine	+ 13	— 1,6	1,2	+ 13		
42	Sour (Tyr)	+ 45	— 3,8	0	+ 41		
46	Ezraa	— 26	1,3	0,7	— 24		
47	Souéida.	— 40	2,7	1,2	— 36		
48	Qnaïtra	— 6	— 0,7	1,1	— 6		

Colonne 1 : Numéros des stations, tels qu'indiqués sur les cartes et les coupes.
Colonne 2 : Noms des stations.
Colonne 3 : Anomalie de Bouguer d'après A. Bourgoin.
Colonne 4 : Correction topographique-isostatique pour les zones 18 — 1.
Colonne 5 : Correction de sphéricité (d'après Bullard).
Colonne 6 : Anomalie de Bouguer modifiée.
Colonne 7 : Correction géologique (il n'a pas été tenu compte des corrections inférieures à 5 mgals).
Colonne 8 : Anomalie C, soit anomalie de Bouguer modifiée compte tenu de la correction géologique.

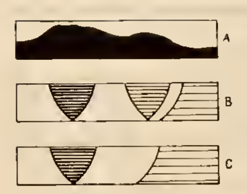


Fig. 1. — Schéma des hypothèses fondamentales.

B et C — Hypothèses d'une déformation plastique de la croûte. Il apparait comme de plus en plus nécessaire, dans des problèmes de ce type, de faire intervenir quelques considérations géométriques sur le plissement. Sans vouloir ici charger outre mesure ce chapitre, je rappellerai que Prandtl a développé mathématiquement le problème de la déformation d'une masse plastique comprimée entre deux plans parallèles et, par la suite, d'autres auteurs, Nadai en particulier, ont traité d'autres cas analogues.

Des développements mathématiques donnés par Prandtl, il résulte que, dans la zone plastique, apparaîtra un système de surfaces orthogonales le long desquelles les tensions de glissement sont maxima. Chacune de ces surfaces est orthogonale à l'un des plans parallèles entre lesquels la masse est comprimée et tangente à l'autre. Il existe néanmoins, dans la masse plastique, certaines zones dans lesquelles la matière ne subira pratiquement pas de déformation : on distinguera donc des zones « plastifiées » et des zones « non plastifiées ». Au fur et à mesure de la compression, la matière inclue dans une de ces zones, traversant une limite idéale, passera dans l'autre. La forme de ces zones dépend, bien entendu, de la déformation imposée et les deux schémas ci-contre, Fig. 2 indiquent la disposition prise au début de la déformation,

a) dans une couche comprimée entre plateaux rigides (c'est sans doute la figure qui se rapproche le plus de la compression d'une couche déformable limitée vers le haut par une croûte rigide, avant que toute déformation notable ait eu lieu),

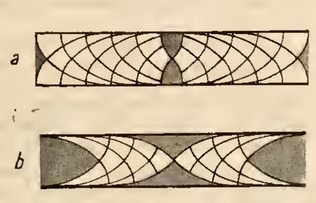


Fig. 2. — Déformation d'une couche plastique entre deux plans parallèles,

a) qui s'écartent, b) qui se rapprochent.

Les zones non plastifiées sont indiquées en grisé.

b) la compression d'une masse indéfinie comprise entre deux plateaux qui se rapprochent.

Dans les deux cas, les surfaces de glissement ont pour trace, sur un plan normal à la direction générale de plissement, des cycloïdes orthogonales. Sur sa bordure externe, la zone déformée est limitée par une surface cycloïdale, dont le pendage est dirigé vers la zone déformée.

Ceci est le cas théorique simple, où il n'apparait qu'un seul bombement anticlinal. Sur les exemples réels, nous aurons à considérer une série de bombements anticlinaux séparés par des gouttières synclinales ; les conditions aux limites peuvent alors varier.

On peut, en particulier, envisager le cas où un bombement peu marqué est séparé de la zone non déformée par une zone plastifiée peu développée et, dans ce cas, la zone non déformée paraîtra se prolonger jusque dans le bombement, sa limite étant alors une surface cycloïdale à pendage dirigé vers la zone non déformée. En un mot, nous aurons à considérer deux solutions possibles dans le cadre de la déformation plastique. Nous appellerons la première hypothèse B et la seconde hypothèse C.

Les surfaces cycloïdales, en première approximation, diffèrent peu de plans inclinés à 45°, avec lesquels elles se confondent dans certaines conditions, et en particulier si la croûte superficielle est suffisamment déformable. On pourra donc, en première approximation, utiliser ce mode de représentation qui a l'avantage de définir la profondeur de la zone ombilicale.

La confirmation expérimentale de l'existence de dislocations de ce type est en fait donnée par les foyers des séismes. La liaison des foyers profonds et des anomalies de la pesanteur a déjà été traitée par J. Coulomb, qui toutefois attribue l'origine des dislocations profondes à des strictions dues au refroidissement du globe, dans le sens indiqué par Jeffreys.

Quelques exemples choisis parmi beaucoup d'autres sont instructifs.

Les foyers profonds au Nord-Ouest des Kouriles, à une distance d'environ 550 à 750 km. de la fosse du même nom, se situent à des profondeurs de 430 à 620 km.. Ceux situés au Nord des Iles Mariannes se groupent entre 400 et 500 km. de profondeur, à une distance comprise entre 250 et 500 km. des grandes anomalies gravimétriques. En Amérique du Sud, les foyers à l'Est des Andes se suivent à 600-700 km. de la côte et leur profondeur est comprise

entre 600 et 700 km.. Le groupe des Tonga, à 300-550 km. à l'Ouest de la fosse du même nom, se place entre 380 et 680 km. de profondeur.

Ces quelques exemples, parmi les plus clairs, montrent que les foyers sismiques profonds se répartissent suivant les surfaces dont l'inclinaison moyenne est comprise entre 35 et 50°. Ces chiffres parlent d'eux-mêmes en faveur de l'existence de dislocations dont le pendage moyen est de l'ordre de 45°, donc d'un type compatible avec l'existence d'une déformation plastique intéressant plusieurs centaines de kilomètres de la croûte terrestre.

ÉQUILIBRE ISOSTATIQUE DES MASSIFS MONTAGNEUX

Sur la Fig. 3, ont été portés les résultats de chaque mesure, en utilisant comme coordonnées, en abscisses les altitudes et en ordonnées les valeurs de

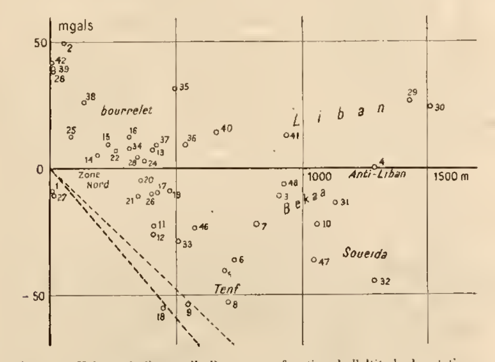


Fig. 3. — Valeurs de l'anomalie Bouguer en fonction de l'altitude des stations.

l'anomalie de Bouguer modifiée. S'il y avait isostasie parfaite et locale, les points devraient s'aligner sur une droite définie par

$$B = 0{,}1118\ h \qquad \text{avec } \delta = 2{,}67$$
$$B = 0{,}095\ h \qquad \text{» } \delta = 2{,}46,$$

SYRIE ET LIBAN

Anomalies de Bouguer modifiées

Equidistance 10 mgals

Echelle 1:4 000 000

Alep

Meskène

Euphrate

Khabour

Tigre

Oronte

Lattaquié

Tartous

Palmyre

BEYROUTH

Nébek

DAMAS

Djébel Tenf

Sour (Tyr)

Quneitra

Haiffa

Soueida

Litani

2,46 étant la moyenne des densités utilisées par A. BOURGOIN. On voit, au premier coup d'œil, que cette condition est très loin d'être satisfaite, sauf pour quelques groupes de mesures pour lesquelles la coïncidence est plus ou moins bonne. Ces groupes sont ceux de la région de Lattaquié, du plateau Soueïda-Dj. Tenf et de la zone frontière turque. Par contre, les mesures du Liban, de l'Anti-Liban, de la région de l'Euphrate, sont, pour les premières, quelques mille mètres trop haut et pour les secondes, supérieures de 40 à 50 mgals à ce qu'on attendrait.

En un mot, il y a des zones qui satisfont sensiblement à la notion d'équilibre isostatique, alors que d'autres sont très éloignées de cette condition. Cette conclusion n'est pas nouvelle et le R.P. LEJAY l'avait déjà très clairement énoncée.

PRINCIPALES ZONES D'ANOMALIES

L'examen de la carte des anomalies de BOUGUER FIG. 4 permet de distinguer, en Syrie et au Liban, 4 zones principales, qui seront examinées successivement. Ce sont :

1°) la zone Nord des anomalies négatives, qui s'étend en Haute Djéziré, jusqu'au Tigre, le long de la frontière turque: il est à présumer, d'après l'allure des isanomales, qu'elle se poursuit encore au Nord de la frontière.

2°) le coin Nord-Ouest de la Syrie et la région d'Alexandrette

3°) une zone médiane, allant de Tartous jusqu'au-delà de Deir-ez-Zor et caractérisée par de fortes valeurs positives à l'Ouest et par des valeurs plus faibles, mais toujours positives, plus à l'Est

4°) la zone méridionale, au Sud d'une ligne Soueïda-Damas-Palmyre, avec des valeurs négatives comprises entre —30 et —65, les valeurs minima se groupant dans la région du Dj. Tenf.

A partir du maximum relatif de la zone 3, les valeurs de l'anomalie de BOUGUER modifiée décroissent régulièrement vers le Nord et atteignent —55 sur le Tigre. Dans le secteur Ouest, sur la côte, elles sont encore de —10 à Alexandrette, montrant que la même allure générale se poursuit. L'interprétation de cette anomalie est évidente et elle correspond visiblement à l'influence régionale de la zone plissée du Taurus, comme l'a déjà montré le R.P. LEJAY,

Il est impossible de préciser davantage, son tracé en territoire turc étant inconnu. On notera seulement que sa position et ce qu'on connait de son amplitude sont comparables à ce qu'on a trouvé dans d'autres chaines de montagnes.

Dans le coin Nord-Ouest de la Syrie, qui est celui de l'Amanus, les conditions paraissent plus complexes, mais étant donné que quelques stations seulement y ont été effectuées, aucune conclusion ne peut être fondée sur ces données fragmentaires.

Par contre, nous étudierons avec un peu plus de détail ce qui se passe dans les zones 3 et 4.

Entre les deux grands minima qui bordent le territoire syrien au Nord et au Sud, se développe un maximum relatif de Tartous à Deir-ez-Zor. Très étalé dans la vallée de l'Euphrate, il est au contraire plus resserré et plus élevé en valeur absolue sur une coupe Lattaquié-Tartous-Dj. Tenf. Par son extension, par son amplitude, qui atteint près de 100 mgals à Tartous, il est le trait saillant qui frappe immédiatement au premier coup d'œil jeté sur la carte des isanomales.

L'anomalie de Bouguer, dépouillée des influences lointaines, reste encore positive avec une valeur maxima de +39 à Tartous et une valeur minima de +4 à Meskéne. D'autre part, la vallée de l'Euphrate est à une altitude de 250 à 300 m. entre Meskéne et Deir-ez-Zor, de sorte que l'on pourrait s'attendre à une compensation isostatique donnant des valeurs de l'ordre de —26 mgals avec $\delta = 2{,}3$ et $h = 275$ m.. La valeur minima de l'anomalie est donc encore supérieure à ce chiffre d'une vingtaine de mgals dans la région de la vallée de l'Euphrate.

Il ne semble donc pas que l'existence même d'une perturbation positive puisse être mise en doute, ni que l'on puisse considérer ce maximum relatif comme n'apparaissant que par contraste entre les deux grands minima qui le bordent au Nord et au Sud et dont l'influence est éliminée dans le calcul de l'anomalie de Bouguer modifiée.

Force est donc d'admettre la réalité d'une perturbation de grande amplitude traversant la Syrie de l'Est à l'Ouest et devenant fortement positive en valeur absolue en s'approchant de la Méditerranée.

Une perturbation positive peut toujours être suspectée de provoquer un réajustement isostatique. Les marais de l'Oronte, ceux qui se trouvent au Sud

d'Alep (Sabkhet-ed-Djabboul), le cours de l'Euphrate dans la partie où il s'oriente Ouest-Est, la tache de Mio-Pliocène continental de la Djézireh et éventuellement la région des salines, traduisent peut-être l'influence morpho-

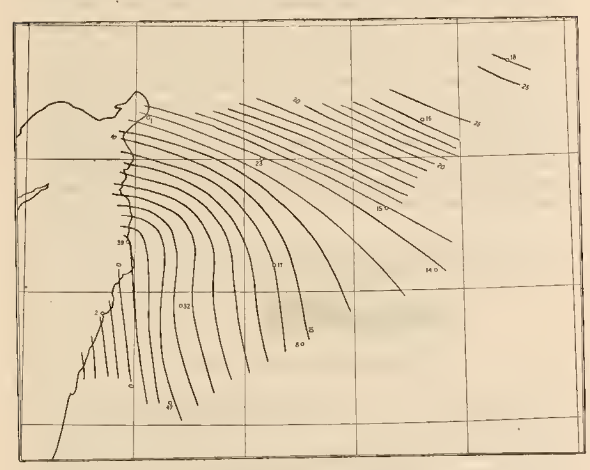


Fig. 5. — Isanomales des influences topographique et isostatique des zones lointaines. Echelle : 1/6.000.000.

logique de cet accident gravimétrique. Inversement, on notera qu'il traverse le Dj. Alaouite sans se manifester. Il paraît difficile d'en dire plus aujourd'hui.

La nature de cette perturbation, la profondeur de sa cause, ne peuvent être déduites directement des valeurs de l'anomalie, mais on peut à priori rechercher son explication soit dans une variation de l'épaisseur de la croûte (excédent de masse à faible profondeur), soit dans la présence d'une masse excédentaire profonde, soit dans toute autre hypothèse intermédiaire ;

néanmoins une limite supérieure et une limite inférieure des profondeurs doivent être envisagées.

En tout cas, il est peu probable, étant donnée la largeur de cet accident, ses valeurs élevées dans certaines zones, et son extension longitudinale de l'ordre de 500 km., que nous ayons affaire à des roches lourdes au voisinage de la surface.

Envisageons donc en premier lieu l'hypothèse d'un amincissement de la croûte granitique, ce qui place le foyer de cette anomalie entre 10 et 30 km. de profondeur.

A 10 km. de profondeur, une anomalie de 50 mgals correspond, pour des prismes de 50 km., 100 km. de largeur ou pour une plaque indéfinie, à une hauteur de : 8 km., 7 km., 6 km. A 30 km. de profondeur, les mêmes chiffres deviennent respectivement 15 km., 10 km., 6 km.

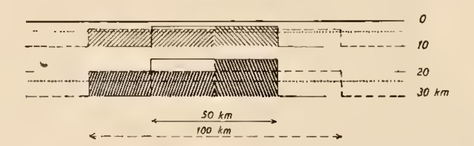


Fig. 6. — Schéma de la disposition des masses perturbatrices dans l'hypothèse d'Airy.

Le schéma Fig. 6 indique l'allure des masses perturbatrices et montre qu'avec une croûte de 10 km. de profondeur, une anomalie de 50 mgals correspond à la disparition d'une grande partie de la croûte granitique, et qu'avec une croûte de 30 km., la disparition peut encore en atteindre 50 %. En d'autres termes, il faudrait admettre le remplacement des roches de la croûte par des roches lourdes sur une épaisseur représentant 50 à 80 % de celle-ci.

L'invraisemblance de cette hypothèse saute aux yeux.

L'hypothèse inverse consiste à imaginer l'anomalie comme résultant de l'effet d'une masse notablement plus profonde et nous verrons par la suite que l'on peut envisager dans ce cas des profondeurs de l'ordre de 100 km., donc intéressant non seulement la limite Sial-Sima, mais encore le Sima lui-même.

La difficulté de concentrer les causes des anomalies dans les premiers vingt kilomètres de l'écorce a déjà amené certains auteurs, comme ceux du Survey of India à répartir les causes de l'anomalie au voisinage de deux surfaces de discontinuité séparant trois milieux : granite, tachylite et dunite, la plus profonde se plaçant vers 33 km. de profondeur.

De même, Vening-Meinesz a été conduit à imaginer sous une croûte de 40 kms. d'épaisseur, des courants de convection provoquant des excès de masse.

Ces quelques réflexions sont ici seulement notées pour indiquer que l'orientation des idées modernes est en faveur d'une localisation profonde d'une partie au moins des causes des anomalies, mais cependant l'argument qui parait décisif et qui prouve l'existence réelle d'une tectonique profonde, est fourni par les foyers de certains séismes qui ont été décelés entre 400 et 700 km. de profondeur et qui précisément se groupent dans des bandes qui accompagnent à une distance sensiblement constante les grandes zones de plissement et leurs grandes anomalies gravimétriques.

Dans ces conditions, il apparait comme beaucoup plus satisfaisant pour l'esprit de rechercher dans des déplacements de masses profondes l'explication de la grande anomalie positive qui nous intéresse ici.

INTERPRÉTATIONS GÉOLOGIQUES

Nous pouvons maintenant, sur ces bases, tenter d'aborder l'interprétation structurale profonde du faisceau des plis libano-syriens. On notera cependant que son allure générale se modifie progressivement du Sud-Ouest vers le Nord-Est ; aussi étudierons-nous trois coupes types qui seront :

1°) la coupe Tartous-Nébek-Dj. Tenf, partant du sommet de l'anomalie positive,

2°) la coupe Meskène-Dj. Tenf, traversant la chaine palmyrénienne,

3°) la coupe Sour-Souéida, recoupant le fossé du Litani.

La carte d'isanomales Fig. 4 nous permettra ensuite de tenter de relier ces profils entre eux.

COUPE TARTOUS-NÉBEK. — Cette coupe a été calculée dans l'hypothèse B suivant laquelle nous rencontrons successivement du Nord-Ouest au Sud-Est :

a) un prisme anticlinal, dont l'axe passe par Tartous,

b) un prisme synclinal, correspondant à la chaine palmyrénienne,

c) un prisme anticlinal faiblement développé,

d) le socle arabique.

Nous supposons, en premier lieu, que les anomalies positives sont produites par un prisme anticlinal dans lequel les densités qui, initialement, suivaient une loi linéaire de variation en fonction de la profondeur, conservent une loi linéaire après déformation. Cette hypothèse simple résulte d'une part des idées généralement admises et d'autre part du fait qu'en supposant, après déformation, une loi exponentielle qui, à certains égards, pourrait paraitre plus vraisemblable, on complique l'interprétation, sans en modifier sensiblement les résultats. L'anomalie gravimétrique résultera alors de la déformation plastique de l'ensemble, qui aura pour effet la compression et l'amincissement des tranches successives, donc l'augmentation de la densité à une profondeur donnée, en même temps que la pénétration, dans la zone ombilicale du noyau, d'une certaine quantité de matière dense. A une échelle beaucoup plus modeste nous connaissons dans la nature des phénomènes comparables dans les plis de l'Iran et de l'Iraq. Là, la pénétration du noyau de certains anticlinaux a eu pour effet la compression des couvertures plastiques, l'amincissement de celles-ci et leur écoulement vers les flancs de structures. On trouvera, en particulier dans **5**, **6**, **7**, des illustrations de cette tectonique. Dans ce qui suit, il a été admis que la densité variant initialement de 2,7 en surface à 3,46 à 80 kms. de profondeur, atteindra linéairement, après déformation, la même valeur de 3,46 à une profondeur plus faible, par suite de la pénétration du noyau, par exemple de 8,5 km., 12,5 km. ou 15 km. vers le haut (courbes a_1, a_2, a_3).

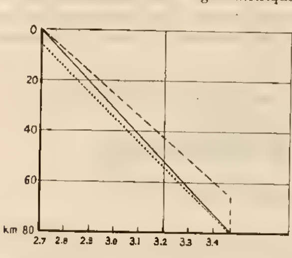


Fig. 7. — Hypothèses de variation des densités en fonction de la profondeur.
En trait plein, zone non déformée ; en tireté, zone anticlinale ; en ponctué, zone synclinale.

On notera d'ailleurs que le choix de la valeur absolue des densités, et de

leur loi de variation avec la profondeur n'est donné ici qu'à titre indicatif et qu'il n'influe pas directement sur les calculs ci-dessous.

Seules les différences de densité et leur loi de variation en fonction de la profondeur, supposée ici linéaire, doivent être prises en considération.

De même, le calcul du prisme synclinal a été conduit en admettant un enfoncement de 3,5 ou 5kms. de la surface et le comblement de cette dépression par du matériel de densité 2,7, ceci pour tenir compte du remblaiement des dépressions par des matériaux d'apport sédimentaire, qui néanmoins sont considérés comme de densité 2,7, puisque nous avons déjà effectué la correction géologique. La densité variera alors linéairement de 2,7 à partir de 3,5 km. ou 5 km., jusqu'à 3,46 à 80 km. de profondeur.

Le prisme anticlinal *c* est considéré comme ayant une densité normale, il sera donc sans effet sur la pesanteur.

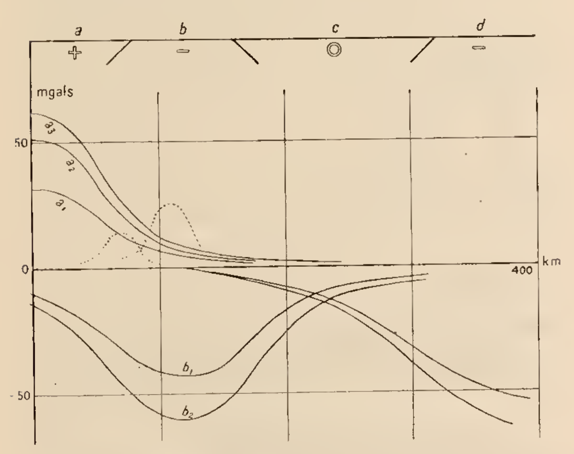


Fig. 8.— Influences théoriques des éléments tectoniques a), b), c), d), dans différentes hypothèses de l'intensité de la déformation.

Enfin, le secteur continental du socle arabique a été calculé en admettant que sa densité est en moyenne inférieure de 0,019 à la normale, ce qui correspond, étant donnée sa situation topographique actuelle, à l'hypothèse de l'équilibre isostatique. Les différentes courbes correspondant à ces interprétations ont été indiquées Fig. 8 (ces courbes ont été calculées graphiquement, leur précision est, par suite, limitée, et elles ne prétendent qu'à indiquer l'allure générale du phénomène).

En outre, et en première approximation, l'influence du Liban et de l'Anti-Liban a été calculée, comme précédemment, dans l'hypothèse d'une variation linéaire des densités en profondeur et suivant l'allure générale de ces plis telle qu'elle sera admise ultérieurement.

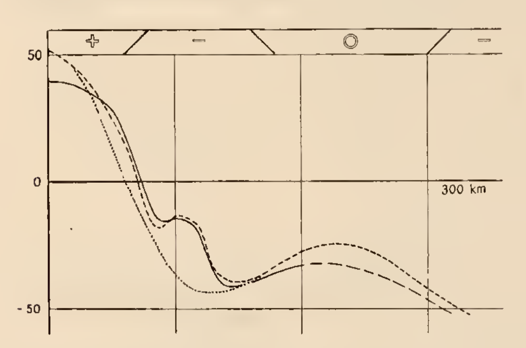


Fig. 9. — Coupe Tartous-Nébek-Dj. Tenf. En ponctué, influence théorique des éléments tectoniques a), b), c), d). En tireté, id., après addition des influences du Liban et de l'Anti-Liban. En trait plein, valeur réelle observée de l'anomalie de Bouguer modifiée, avec correction géologique pour le fossé de la Békaa.

En tenant compte des altitudes actuelles d'une couche donnée, indiquées par des coupes géologiques qui ont été aimablement mises à ma disposition par M. L. Dubertret, on trouve pour le Liban une influence de 14 mgals. et

pour l'Anti-Liban de 25 mgals.. Les corrections géologiques précédemment appliquées ayant ramené les densités des synclinaux à la valeur normale de 2,7, il n'y a plus lieu de tenir compte de leur influence.

Finalement, les différentes courbes trouvées ont été combinées entre elles et le résultat de cette opération est donné Fig. 9. Sur cette même figure, le profil Tartous-Nébek relevé sur la carte des isanomales, a été juxtaposé à la courbe théorique, après correction géologique de certaines stations.

La comparaison des deux courbes, théorique et réellement observée, montre que les ordres de grandeur sont conservés d'une façon très satisfaisante. Bien entendu, il convient une fois encore de souligner que ce calcul ne concerne qu'une répartition possible des masses et ne prétend nullement prouver la validité de l'hypothèse utilisée, elle montre uniquement que cette hypothèse est compatible avec les données de l'observation.

On pourrait d'ailleurs, dans une autre interprétation, utiliser l'hypothèse du type C. L'expérience montre que les courbes ne sont pas très différentes, mais que néanmoins elles concordent moins bien avec l'allure générale observée ; aussi la première explication paraît-elle préférable et elle possède, en outre, l'avantage de rendre compte d'une façon plus précise de la topographie actuellement existante.

Réajustement isostatique des prismes Synclinaux et Anticlinaux. — La variation des densités moyennes consécutive à la déformation plastique de la croûte va placer les prismes anticlinaux et synclinaux en déséquilibre isostatique.

En premier lieu, la pénétration des roches denses dans le noyau se traduira par l'introduction d'un volume supplémentaire dans le prisme anticlinal, qui, la base étant supposée fixe, se manifestera par un exédent de matière en surface. Si nous répartissons le volume qui est introduit dans le noyau sous la forme d'une couche d'épaisseur constante en surface, nous trouvons que l'expression topographique du bombement anticlinal sera, pour une pénétration de 150 km³. de roche dense par km. de longueur du prisme et pour une largeur de 160 km. du prisme en surface, de

$$\frac{150 \text{ km}^3.}{160 \text{ km}^2.} = 950 \text{ mètres environ.}$$

Le prisme synclinal se remplira de sédiments au fur et à mesure qu'il

s'enfoncera, mais l'influence de la densité de ces derniers a déjà été éliminée par la correction géologique.

Les valeurs moyennes des densités apparaîtront alors les suivantes, d'après les chiffres utilisés précédemment et dans les différentes hypothèses envisagées Fig. 9 :

normale	3,08		
prisme anticlinal	3,152	3,138	3,115
prisme synclinal	3,056	3,063	

Si nous admettons que ces différences sont compensées à 80 km. de profondeur, les prismes vont voir leur hauteur devenir :

normale	80		
prisme anticlinal	78,160	78,480	79,040
différence	1,840	1,520	0,960
prisme synclinal	80,440	80,620	
différence	0,440	0,620	

soit en moyenne et en arrondissant les différences, de — 1,700 et 0,550.

Le prisme A B C D prend alors une position A' B' C' D' et de même D E F G devient D' E' F' G'.

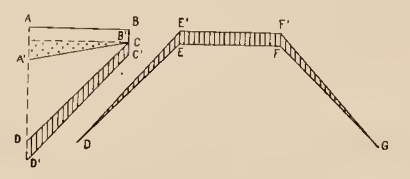


Fig. 10. — Réajustements isostatiques des prismes synclinaux et anticlinaux.

Le bilan des volumes excédentaires, supposé limité au plan axial du prisme anticlinal, s'établit alors de la façon suivante :

$$144 - 63 + 44 + 19 = 144 \text{ km}^3 \text{ par km.,}$$

qui, répartis sur 160 km. de profil, donneront une hauteur moyenne de 900 m.

Comparons maintenant avec ce qui se passe réellement dans les chaînes

libano-syriennes. Le profil Tartous-Nébek, qui se rapproche du cas théorique envisagé, donne une hauteur moyenne des chaînes de 990m.

La juxtaposition de ces deux chiffres est suffisamment éloquente et ceci peut, dans une certaine mesure, être considéré comme une vérification expérimentale de la méthode d'interprétation utilisée, car, si on peut imaginer une infinité de répartitions des masses rendant compte des anomalies de la pesanteur, le relief qu'elles produiront ne coïncidera pas *ipso facto* avec celui qui existe réellement et nous devrons ne conserver que les combinaisons compatibles avec les faits observés.

On notera, en particulier, que l'interprétation des anomalies par un amincissement de la croûte granitique conduirait à un abaissement progressif de la surface topographique du Djebel Tenf vers le Nord-Ouest. L'explication des reliefs actuels nécessiterait alors l'hypothèse supplémentaire que ceux-ci ne sont par compensés, assertion gratuite et qui n'explique rien.

Mécanisme des plissements côtiers. — Les considérations précédentes ont rendu compte en moyenne des reliefs existants, mais, dans le détail, aucune explication n'a été donnée de la structure des chaînes libano-syriennes. Nous allons montrer maintenant comment le mécanisme de formation de celles-ci peut être déduit des hypothèses fondamentales.

La tectonique observée aujourd'hui résulte de réajustements entre les deux prismes, le prisme anticlinal trop lourd ayant tendance à s'affaisser et le prisme synclinal trop léger ayant tendance à se soulever. Il y aura donc un véritable écoulement des masses lourdes vers la profondeur et des masses

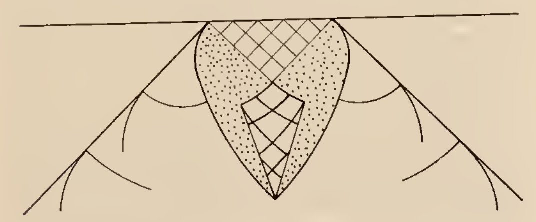


Fig. 11. — Zone plastifiée et zone non plastifiée (ponctué), au début de la déformation due à l'écoulement du prisme synclinal vers le haut.

légères vers la surface, écoulement qui est contrarié par l'existence de surfaces de discontinuité inclinées à 45°.

Le problème peut être comparé à des problèmes théoriques d'écoulement plastique. La première question à envisager est celle de l'écoulement de la masse synclinale vers le haut. Celui-ci est contrôlé par des conditions aux limites différentes le long des surfaces à 45° et à la surface du sol. La théorie montre qu'il se formera initialement un système de surfaces de glissement, les unes constituées par des plans inclinés à 45° partant de la surface du sol et les autres par des surfaces cylindriques courbes, respectivement tangentes et normales aux deux plans à 45° limitant le prisme synclinal, et qui respecteront à l'intérieur de celui-ci une zone non plastifiée.

L'écoulement ayant notablement progressé, la disposition deviendra telle que les traces des plans de glissement se transformeront en spirales.

Mais, dans le cas qui nous occupe, les plans de glissement à 45° formés initialement ont joué, ne permettant pas une déformation strictement plastique et la nature n'a alors réalisé qu'approximativement le bombement théorique, en poussant vers le haut des volumes limités par des surfaces de glissement, de façon à réaliser en moyenne l'augmentation de volume nécessaire.

Nous obtiendrons ainsi les blocs faillés de l'Anti-Liban et les noyaux des plis de la chaîne palmyrénienne, dans lesquels nous n'apercevons que des plis de couverture.

Cet ensemble repose sur une zone non ou imparfaitement plastifiée, dont le rôle tectonique sera de répartir les pressions.

A la limite du prisme synclinal et du prisme anticlinal, cette zone poussera vers le haut, tandis que la masse anticlinale tendra à s'écouler vers le bas. De ces efforts antagonistes naîtra le Liban, coin arraché au prisme anticlinal et qui s'appuiera sur la zone non plastifiée, dont il était question précédemment. Il sera limité par des surfaces de glissement à 45°.

COUPE MESKÈNE-PALMYRE. — Elle correspond au secteur déprimé du bourrelet anticlinal. Le nombre de stations est cependant trop limité pour qu'il soit possible de tenter autre chose qu'une grossière approximation.

La chaîne palmyrénienne se traduit par un palier dans la courbe des anomalies de Bouguer, qui peut être attribué soit à un prisme synclinal comparable à celui dont l'existence a été admise dans la coupe Tartous-Nébek (hypothèse B), soit à un prisme monoclinal (hypothèse C). La différence est cepen-

dant trop faible entre les deux interprétations pour que, dans l'état actuel des mesures, le choix s'impose.

La position de la branche descendante vers les valeurs du Dj. Tenf implique, entre le socle arabique et Palmyre, la présence d'une zone à densité

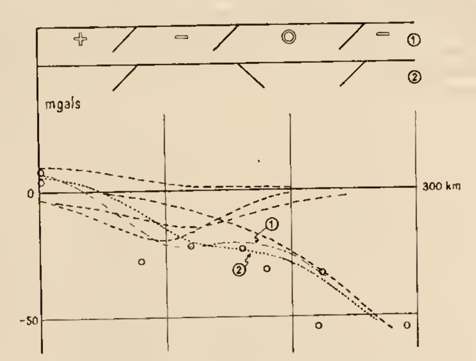


Fig. 12. — Coupe Meskène-Palmyre-Dj. Tenf. Courbes théoriques dans les hypothèses notées (1) et (2) et valeurs observées (petits cercles).

normale, qui sera une zone anticlinale dans la première hypothèse, monoclinale dans la deuxième. Le profil montre, en tout cas, l'atténuation des différences de densité, donc celle de la déformation plastique, alors que l'amplitude horizontale des accidents tectoniques reste comparable. Le plissement a donc tendance à diminuer d'intensité, précisément au droit de cet éperon du socle arabique qui s'avance vers le Nord et en face duquel, dans les images classiques, les plis du Kurdistan seraient venus se mouler. Il y a là une apparente contradiction méritant d'être notée sans qu'il soit ici tenté d'en donner une explication concrète, qui ne pourrait résulter que d'une étude du réseau orodynique, qui reste encore à entreprendre.

Je n'insisterai pas davantage sur cette coupe dont l'intérêt est seulement

de montrer l'existence, dans le secteur déprimé, des quatre éléments tectoniques mis en évidence dans le précédent.

COUPE SOUR-SOUÉIDA.—Avec ce profil, nous pénétrons dans un domaine différent des chaînes Libano-Syriennes: celui du fossé du Litani, dernière expression vers le Nord des fossés africains. Le Liban y est à peine marqué, l'Hermon ne l'atteint pas, non plus que les plis de la Damascène et cependant l'expression gravimétrique de la tectonique est violente : l'anomalie de Bouguer modifiée atteint + 42 à Sour, pour descendre, avec une pente presque régulière, à — 36 à Souéida.

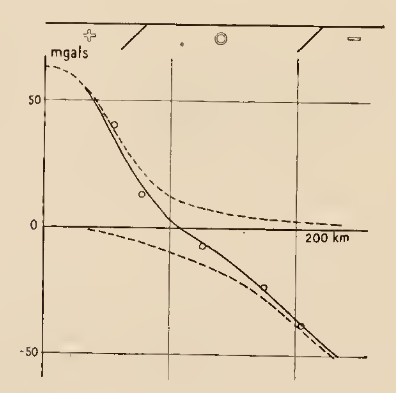


Fig. 13. — Coupe Sour-Souéida. Courbes théoriques et valeurs observées (petits cercles).

Cette allure générale est parfaitement consistante avec l'existence du prolongement, vers le Sud, du bourrelet anticlinal, en même temps qu'avec l'influence du socle arabique, dont la position est indiquée sur le profil Fig. 13. Entre ces deux éléments, il faut admettre un prisme monoclinal à densité

normale, qui vient d'ailleurs bien à la place qu'on pouvait attendre, sur le prolongement de la zone normale des profils précédemment décrits.

Ainsi l'élément structural synclinal de la chaîne palmyrénienne et de l'Anti-Liban disparaît — ou tout au moins s'individualise si peu qu'il ne se marque pas de façon évidente. Entre le prisme anticlinal et l'élément normal, monoclinal, se place le fossé du Litani qui devra être considéré comme une tranche de terrain entraînée par l'affaissement du bombement anticlinal, ou peut-être comme l'expression très atténuée de la gouttière synclinale de la chaîne palmyrénienne. Il n'y a pas de différence bien notable entre ces deux interprétations et nous devrons, faute de mesures plus serrées, nous contenter de cette approximation.

En réalité, c'est tout le problème des fossés africains qui est ainsi posé, problème qui dépasse trop largement le cadre de cette note pour qu'il soit possible de faire autre chose que de l'esquisser.

L'existence du fossé du Litani en bordure du bombement anticlinal profond, son prolongement par le Golfe d'Akaba, permettent sans doute de rattacher les anomalies positives de Syrie à celles de la Mer Rouge, mises en évidence par Vening-Meinesz: l'image est cohérente, les fossés du Litani, de la Mer Morte, du Golfe d'Akaba, seraient l'expression de la bordure du bourrelet, la Mer Rouge, le prolongement du bourrelet et des fosses méditerranéennes.

Notons, en particulier, à ce propos, que la carte de Bullard suggère volontiers pour les fossés de l'Est africain, une origine analogue, qui se traduit par une anomalie de Bouguer négative et d'ailleurs relativement faible sur les fossés eux-mêmes et située en bordure d'une anomalie relativement positive et correspondant au lac Victoria. Aussi serais-je enclin à considérer l'ensemble des fossés africains et des zones où l'anomalie de Bouguer est en valeur absolue plus élevée, comme une forme rudimentaire de plissements superficiels correspondant à de vastes ondulations profondes, élargissant ainsi l'explication donnée par Bullard. La direction variable des fossés suggère l'influence des directions principales de fracture du socle africain, mais là encore, les données statistiques manquent.

On objectera volontiers à ces vues synthétiques le fait que le bombement anticlinal, gravimétriquement positif, de Syrie, qui par sa direction paraît si bien faire partie du système des plis d'Asie Mineure et qui n'est peut-être même que l'élément le plus méridional de ceux-ci, se prolongerait en direction Nord-Sud vers la Mer Rouge, se détachant ainsi du système alpin.

Il y a certainement là un point obscur, pour lequel je n'essaierai pas de proposer des solutions qui ne feraient qu'ajouter de nouvelles hypothèses. Je pense cependant qu'il n'y a pas incompatibilité entre ces systèmes, car on retrouve dans le Pacifique des exemples comparables. Le schéma des Iles japonaises et des Kouriles représente sans doute un dispositif très analogue, dans lequel des zones d'anomalie positive et les zones négatives qui les accompagnent divergent brusquement, se bifurquent et donnent naissance à deux chaînes d'îles dans des directions presque perpendiculaires. Pour l'instant, il est difficile d'approfondir davantage, aussi longtemps que nous n'aurons pas de mesures gravimétriques en Méditerranée orientale et on ne peut que faire le vœu que celles-ci soient un jour entreprises, car elles apporteraient la clé du problème de la liaison entre les plis alpins et les fossés africains.

Mais le profil Sour-Souéida est intéressant à un autre point de vue.

Le calcul isostatique, conduit comme précédemment, donne pour le bourrelet anticlinal un excédent de volume, après réajustement, de 80 km^3 par km., qui, réparti sur les 220 km. de profil, correspondent à 350 m. de hauteur moyenne théorique. En tenant compte de l'influence isostatique du socle arabique, cette altitude pourrait être portée à 470 m. Le profil topographique entre Sour et Souéida indique une altitude moyenne de 580 m. environ, alors que si nous supposons enlevés les écoulement basaltiques, elle s'abaisserait à environ 540 m. Compte tenu des fonds marins à — 750 m. de profondeur moyenne entre Sour et l'axe présumé du bourrelet, profondeur qui sera ramenée à — 600 m. pour tenir compte de l'influence du remplissage par l'eau de mer, l'altitude moyenne est, dans le premier cas, de 480 m. et dans l'autre de 350 m.. Ainsi, ce calcul grossier montre que l'ensemble structural est sensiblement en équilibre hydrostatique, mais qu'il n'est pas certain que la surcharge des écoulements basaltiques soit compensée.

Quant au Dj. Druze, qui culmine à 1.757 m., il ne l'est certainement pas, et la station de Souéida, avec ses 36 mgals, a précisément la valeur que l'on pouvait attendre étant donné sa position par rapport au schéma structural. On est donc amené à considérer que le grand appareil volcanique du Dj. Druze est une surcharge entièrement supportée par l'écorce, sans compensation profonde. Cette conclusion, pour inattendue qu'elle soit, n'est cependant pas surprenante. On sait que bien d'autres volcans sont dans ce cas et en particulier bien des îles volcaniques, comme l'a montré Vening-Meinesz. Les dimensions du Dj. Druze sont sensiblement plus petites que celles des îles Hawaï,

par exemple, il ne faut pas s'étonner de n'y trouver aucune évidence nette d'un affaissement de la croûte, alors qu'un massif plus important comme le Kilimandjaro serait, d'après Bullard, partiellement compensé.

CONCLUSIONS

La Syrie et le Liban sont, pour l'étude des problèmes tectoniques, une terre privilégiée : là s'affrontent, se côtoient ou se combinent le bourrelet de l'Euphrate, la chaîne palmyrénienne, le socle arabique, le dernier représentant des fossés africains, les effondrements méditerranéens, les volcans du Dj. Druze. Il n'est pas aisé, dans cette complication, de retrouver la signification de chaque élément tectonique et ce que j'ai cherché à donner, c'est une explication simple des faits d'observation, compatible avec les données de la géologie et celles de la géophysique.

Ainsi la structure profonde de la Syrie paraît s'expliquer par un trait dominant, qui est le bourrelet anticlinal positif, et par des complications accessoires, gouttière synclinale de la chaîne palmyrénienne, prisme anticlinal faiblement développé au Sud de celle-ci, qui disparaît progressivement à l'Est.

La carte structurale Fig. 16 indique schématiquement cette disposition.

En réalité, ces phénomènes sont extrêmement subtils et leur représentation est quasiment impossible : il faut, en effet, imaginer que cette tectonique n'est pas seulement une relation entre des volumes au sens habituel et schématique du mot, mais qu'elle est en même temps une relation entre des masses. Un élément structural cesse d'exister ou n'a plus qu'une valeur virtuelle dès que sa densité moyenne devient égale à celle des éléments voisins et dès que, comme corollaire, les zones plastifiées cessent de jouer ce rôle et s'intègrent dans les blocs non déformés. Nous ne parviendrons donc à comprendre et à imaginer ces phénomènes d'apparition et de disparition de certains éléments structuraux profonds qu'en concevant une tectonique définie non seulement par des relations spéciales, mais encore par des paramètres physiques tels que la densité et la plasticité.

Un autre résultat a été de montrer que le déséquilibre isostatique des régions côtières n'est qu'une apparence, dont seuls les procédés de calcul généralement employés étaient responsables. La conception de blocs déformant par

leur poids, une croûte mince flottant sur un magma dense est démentie par les faits et les grands ensembles structuraux réalisent un équilibre hydrostatique, qui semble à peu près parfait, par la combinaison de zones plastifiées et de zones non plastifiées.

Ces dernières, dans le détail, répartissent les contraintes, par exemple dans la chaîne palmyrénienne et l'Anti-Liban, comme si aucune anomalie de structure n'existait en surface. Les grandes chaînes faillées du Levant apparaissent comme de vastes ébauches tectoniques, qui n'ont pas pu atteindre le

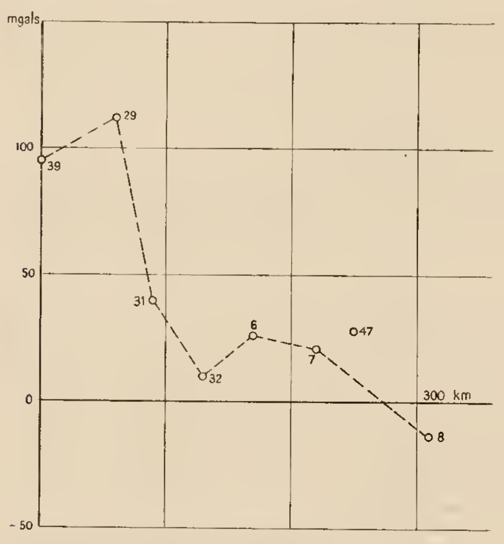


Fig. 14. — Anomalie à l'isostasie (T = 40 kms.) suivant Heiskanen, le long de la coupe Tartous-Nébek-Dj. Tenf.

stade du plissement en déformation plastique et qui réalisent imparfaitement et en moyenne seulement la structure théorique. Sans doute faut-il voir là, en majeure partie, l'effet d'une constitution lithologique rebelle à la déformation, alors que dans la chaine palmyrénienne le dessin des plis est plus souple.

Du point de vue de l'isostasie, il n'en reste pas moins que la zone non plastifiée, qui supporte cet ensemble, est en équilibre, puisque les surcharges locales sont réparties. Le calcul de l'anomalie à l'isostasie sur le profil Tartous-Nébek illustre parfaitement cette relation : alors que je pense avoir montré que cette zone réalise un équilibre hydrostatique très soigneusement balancé, l'anomalie à l'isostasie calculée par les méthodes classiques apparait comme considérable et laisserait supposer que des réajustements importants doivent se réaliser, alors qu'il n'y a aucune évidence de tels mouvements dans tout ce que nous connaissons de la géologie de ces régions.

La constatation de cet équilibre, la concordance au moins approximative des altitudes réelles et calculées sont les arguments les plus solides en faveur du système d'interprétation esquissé ci-dessus, qui n'implique, par ailleurs, que des déplacements latéraux extrêmement faibles des masses profondes. La conclusion est l'élargissement de la notion d'isostasie à des ensembles structuraux très volumineux en même temps que sa restriction à ces ensembles..

Par contre, la question des liaisons entre les fossés africains et ceux du Liban n'a pu être qu'esquissée, faute de documents gravimétriques sur la Méditerranée orientale, la Palestine et le Sinaï, et faute de posséder le réseau orodynique.

Cet exposé indique avec quelle prudence doivent être étudiés les problèmes posés par l'isostasie. Les surcharges volcaniques en sont un autre exemple et nous montrent que la croûte supporte, sans fléchir notablement, des charges considérables.

Mais alors pourquoi des zones telles que le bord du plateau arabique et certaines chaines de montagnes apparaissent-elles comme parfaitement compensées ? On notera cependant que dans le cas des grandes chaines, les compensations, en raison des complications tectoniques, sont toujours envisagées pour l'ensemble : l'isostasie a, là encore, un caractère général et non local. Dans le cas des zones tabulaires du socle arabique, le problème est différent et ne peut être abordé dans cette note.

La conclusion à retenir est que l'isostasie locale de blocs verticaux

compensés par leur renforcement dans le Sima, est un schéma impossible à conserver dans la région du Levant ici étudiée et qu'il faut remplacer ce concept par celui de l'isostasie restreinte aux zones profondes de l'écorce.

Finalement l'image donnée par Pratt d'une zone de compensation à grande profondeur n'est peut-être pas aussi inexacte qu'on a bien voulu le

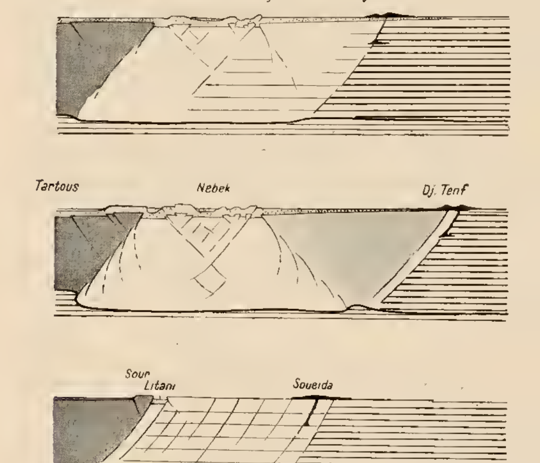


Fig. 15. — Coupes schématiques indiquant la structure profonde dans les hypothèses fondamentales envisagées. Echelle, environ 1 : 3 millions.

Coupe I. Tartous, Nébek, Dj. Tenf.
Coupe II. Meskéne, Palmyre, Dj. Tenf.
Coupe III. Tyr, Qnaïtra, Souéida.

SYRIE ET LIBAN

Esquise des grands éléments structuraux

Echelle 1:4.000.000

Alep

Meskène

coupe II

Euphrate

Lattaquié

Oronte

coupe I

Tartous

Palmyre

Nebek

BEYROUTH

Djébel Tenf

DAMAS

Liban

Sour

coupe III

Haïffa

Soueïda

Jourdain

Tigre

Fig. 16

soutenir, et une hypothèse apparentée à celle-ci, combinée avec un minimum de vraisemblance dans nos vues sur la déformation et avec une loi simple de variation des densités en fonction de la profondeur doit permettre, dans bien des cas, de résoudre les problèmes tectoniques. Point n'est donc besoin de faire des hypothèses supplémentaires sur l'épaisseur de la croûte granitique, non plus que sur la nature des roches qui composent le Sima, mais sans doute faut-il donner à celui-ci un rôle d'une importance jusqu'ici insoupçonnée dans les phénomènes tectoniques.

Je ne doute pas que les conceptions ici exposées n'apparaissent choquantes à certains, que le rôle attribué aux parties profondes de l'écorce ne soit jugé trop hypothétique, mon excuse sera d'avoir essayé d'analyser, de comprendre et d'expliquer, dans une région qui se prête tout particulièrement à cette tentative, le mécanisme intime de déformations dont nous n'observons directement que les conséquences les plus superficielles, mais que la répartition des anomalies de la pesanteur nous permet de tracer en profondeur.

Document parvenu en Décembre 1947

BIBLIOGRAPHIE

1. ARNI P. — Tektonische Grundzüge Ost-Anatoliens und benachbarter Gebiete. *M.T.A.*, Ser. B., N° 4, 1939.
2. BLAKE G. S. — Geological Map of Palestine. Echelle : 1/250.000. Jaffa, 1939.
3. BOURGOIN A. — Sur les anomalies de la pesanteur en Syrie et au Liban. *Notes et Mémoires Dél. Gén. Fr. au Levant*, T. IV, 1945, p. 59-90.
4. BULLARD E. C. — Gravity measurements in East Africa. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, Sér. A., N° 757, Vol. 235, 1936.
5. BUSK H. G. — Earth flexures. Cambridge, 1929.
6. CIZANCOURT H. (de). — Plissements disharmoniques et diapirisme. *B.S.G.F.*, 1933, p. 659-676 et 1934, p. 181-200.
7. CIZANCOURT H. (de). — Quelques problèmes de tectonique géométrique. *Rev. Inst. Fr. Pétr.*, II, N°s 1, 2, 3, 5, 1947.
8. COULOMB J. — Séismes profonds et grandes anomalies négatives de la pesanteur peuvent-ils être attribués à une extension plastique. *Ann. Géophys.*, 1, fasc. 3, 1945.
9. DALY R. A. — Regional departures from ideal isostasy. *Bull. geol. Soc. Amer.*, Vol. 50, N° 3, 1939.
10. DALY R. A. — Strength and structure of the earth. New York, 1940.
11. DALY R. A. — Nature of the asthenosphere. *Bull. geol. Soc. Amer.*, Vol. 57, N° 8, 1946.
12. DUBERTRET L. — Etudes sur les Etats du Levant sous Mandat Français. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, VI, fasc. 4, 1933.
13. DUBERTRET. — Carte géologique du Moyen-Orient au 2.000.000me. Beyrouth, 1942.
14. DUBERTRET. — Carte géologique de la Syrie et du Liban au 1.000.000me. 2e édition, Beyrouth, 1941-1943, notice de 67 p..
15. DUBERTRET. — id. 3me édition, Beyrouth, 1945, sans notice.
16. EGERAN N., LAHN E. — Carte géologique de la Turquie au 800 000me et carte tectonique de la Turquie au 800.000me. Ankara, 1940-1946.
17. EVANS P., CROMPTON W. — Geological factors in gravity interpretation illustrated, by evidence from India and Burma. *Quart. Journ. Geol. Soc London*. CII, Part 3, N° 407, 1946.
18. GEIRINGER H. — Fondements mathématiques de la théorie des corps plastiques isotropes. *Mém. Sc. mathém.*, LXXXVI, 1937.
19. GLENNIE E. A. — Gravity anomalies and the structure of the earth's crust. *Surv. of India. Prof. pap.*, 27, 1932.
20. GOGUEL J. — Introduction à l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre. *Mém. Carte géol. Fr.*, 1943.

21. GUTENBERG B., RICHTER C. F. — Seismicity of the earth. *Geol. Soc. Amer.*, Spec pap., N° 34, 1941.
22. ITERSON F. K. TH. (Van). — Traité de plasticité. Paris 1944.
23. LEJAY P. — Exploration gravimétrique des Etats du Levant sous Mandat Français. *Com. Nat. Fr. Géod. Géophys.*, 1938.
24. LEJAY P. — Développements modernes de la gravimetrie. Paris, 1947.
25. L'HERMITE R. — L'expérience et les théories nouvelles en résistance des matériaux. Paris, 1942.
26. MACE C. et BULLARD E. C. — Gravity measurment in Cyprus. *Month. Not. of the R. Astron. Soc. Geophys.*, Suppl., Vol. 4, N° 7, 1939.
27. NADAI A. — Plasticity. Londres, 1931.
28. PICARD L. — Structure and evolution of Palestine. Jérusalem, 1943, 134 p. .
29. PRANDTL L. — Spannungsverteilung in plastischen Körpern. *Proc. int. Congr. applied mecanics.* Delft, 1925.
30. VENING-MEINESZ F. A. — Gravity expeditions at sea. Delft, 1932-1934.
31. VENING-MEINESZ. — Ergebnisse der Schwerkraftbeobachtungen auf dem Meere in den Jahren 1923-1932. *Ergeb. Kosm. Phys.*, II, 1934.

APERÇU DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE SUR LE LIBAN, L'ANTI-LIBAN ET LA DAMASCÈNE

par

L. DUBERTRET

Le double système montagneux du Liban et de l'Anti-Liban et les dépressions et plaines qui en dépendent sont parmi les traits les plus marquants de la bordure orientale de la Méditerranée. L'État du Liban y est contenu tout entier, celui de Syrie y a sa capitale. Nous nous proposons de donner un aperçu sur sa géographie physique.

L'orographie de cette contrée est aujourd'hui représentée par d'excellentes cartes hypsométriques. Celles-ci permettent des mesures et constructions graphiques précises. Néanmoins, nous pensons qu'une image rendant directement visibles les traits majeurs du Liban, de l'Anti-Liban et de la Damascène peut présenter quelque intérêt.

Celle qui est jointe à cette étude a été établie par photographie d'un plan-relief au 200.000^{me}, fait à la main, selon la méthode classique : une charpente a été constituée par superposition, au-dessus d'un plancher représentant le niveau de la mer, de feuilles de contre-plaqué découpées successivement selon les courbes hypsométriques de 250 m., 500 m., 750 m., ... 2750 m. ; puis du mastic a été appliqué dans les rentrants des gradins de façon à réaliser la continuité de forme de reliefs naturels. Cette vieille méthode, moins précise que les nouveaux procédés, dans lesquels le relief est sculpté mécaniquement dans un bloc de plâtre, a l'avantage de permettre, en simplifiant les formes, de les rendre plus expressives.

L'échelle de l'image est de 1/400.000 : le centimètre y représente 4 kilomètres. Les reliefs y sont soulignés par les contrastes d'ombres et de lumières, mais ne leur sont pas proportionnels. La photographie comporte des imperfections : l'éclairage oblique a exagéré certains reliefs et en a atténué d'autres.

En appuyant l'aperçu de géographie physique sur cette image, nous pensons faciliter l'étude des grands plans-reliefs au 50.000^{me} déposés à Beyrouth au Musée National, au Musée de l'Université Américaine et au Musée géologique de l'École Française d'Ingénieurs. Ces plans-reliefs représentent respectivement la topographie seule, les grandes lignes géologiques et les sources, la géologie complète et détaillée.

I. — SITUATION RELATIVE

Regardons une carte physique de l'Afrique.

L'un des traits frappants de la configuration terrestre est la suite d'accidents qui traversent l'Est de l'Afrique selon une ligne grossièrement méridienne, depuis la Méditerranée jusqu'au golfe de Mozambique (Fig. 1). Tout le long, l'écorce terrestre est affectée de cassures profondes, entre lesquelles se creusent des sillons, souvent occupés par des lacs et des mers, tandis que les compartiments adjacents se trouvent portés en relief. Ces accidents sont jalonnés par des volcans nombreux, en partie encore actifs.

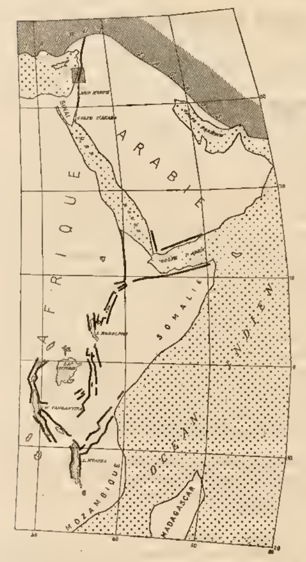


Fig. 1. — Esquisse des cassures africaines (d'après E. Krenkel, **5**). Échelle 1/50 millions. — Le petit rectangle situe notre carte au 400.000e.

L'ensemble constitue une sorte de chaine de montagnes et de fosses, évoquée dans la littérature géologique et géographique sous le nom de « cassures africaines ». Par l'abondance de ses cassures, par ses fosses et par le caractère massif de ses montagnes, cette chaine diffère sensiblement des classiques chaînes plissées, aux formes mouvementées et souples, du type de la chaine alpo-himalayenne.

Au long de leurs cinq mille kilomètres de parcours, les cassures africaines réalisent les paysages les plus divers et dont

la variété paraît d'autant plus grande que le climat, la végétation et le peuplement changent avec la latitude. La Mer Rouge en est l'élément le plus grandiose, à la fois par l'ampleur et la netteté de ses formes : elle s'étend, à elle seule, sur deux mille kilomètres. Au Nord et au Sud, les paysages sont plus morcelés et la disposition des fosses africaines, en particulier, est complexe.

L'un des effets des cassures africaines a été de détacher la presqu'île du Sinaï et la péninsule Arabique de l'Afrique ; mais ces terres restent africaines par les caractères généraux de leur structure.

Il n'est donc pas étonnant de voir se poursuivre le système de grandes cassures en bordure de la péninsule Arabique. Un sillon se détache de la Mer Rouge en direction du Nord, allant en se rétrécissant progressivement : le golfe d'Akaba, la Mer Morte, le Lac de Tibériade y prennent place. Les pays encaissants sont des plateaux à douces courbures. Plus au Nord, les cassures se divisent, se dispersent, donnant naissance à une suite compliquée de massifs longeant, jusqu'à l'approche du Taurus, les rives de la Méditerranée.

Comparé à la Mer Rouge, ce système montagneux apparaît comme une miniature. Pourtant, lorsqu'on le parcourt, on est frappé par la majesté de ses formes. Ses sommets, assez élevés, s'étalent largement à proximité immédiate de la mer.

Le nœud en est constitué par les massifs jumeaux du Liban et de l'Anti-Liban ; c'est lui que représente notre image ; nous allons l'étudier de plus près.

II. — DISPOSITION OROGRAPHIQUE

(Fig. 2)

Ce qui frappe en premier lieu, en regardant notre carte, c'est un grand sillon médian, flanqué de massifs montagneux. Au bas, le sillon a une orientation méridienne ; nous y voyons le Lac Houlé et le Jourdain : cette partie représente la pointe du couloir de la Mer Morte. — Plus haut, à partir de Merdjayoun, il se couche dans la direction SSW-NNE ; il s'étend ainsi sur 170 km. vers le Nord, allant en s'évasant légèrement ; puis, à Qousseir, il débouche dans la plaine de Homs.

Un seuil, à la hauteur de Baalbek, divise le sillon en deux : la partie Nord est drainée par l'Oronte, la partie Sud par le Litani. La partie centrale du sillon, au pied de Zahlé, est occupée par une plaine alluviale : c'est la Békaa

proprement dite, longue d'une quarantaine de kilomètres. Le restant est rocailleux. — Par extension, on applique le nom de Békaa à tout l'ensemble du couloir allant de Merdjayoun à Qousseir. Ses cotes sont :

dans la plaine alluviale (sous Zahlé)	:	900 m.
au seuil de Baalbek	:	1100 m.
dans la plaine de Homs (Lac de Homs)	:	500 m.

Le Lac Houlé, au Sud du seuil de Merdjayoun, est à la cote 70 m., le Lac de Tibériade à la cote — 209 m..

La région montagneuse de part et d'autre de la Békaa s'étend en longueur parallèlement à celle-ci : le sillon, en quelque sorte, fend dans sa longueur le système montagneux.

Le massif à l'Ouest est le Liban, celui à l'Est l'Anti-Liban. Il est remarquable que ces massifs soient exactement juxtaposés et aient la même longueur : 170 km. mesurés, pour le Liban, depuis le coude du Litani, à l'Ouest de Merdjayoun, jusqu'à la trouée Tripoli-Homs, et pour l'Anti-Liban, depuis sa naissance au-dessus de la plaine du Houlé, à Banias, jusqu'à la plaine de Homs. — Les deux massifs ont une trentaine de kilomètres de largeur moyenne.

Ainsi, le système Liban, Békaa, Anti-Liban nous montre la juxtaposition de trois longs blocs ou compartiments de l'écorce terrestre, deux franchements surélevés encadrant un bloc relativement bas. Cette disposition a été comparée à celle de trois touches de piano contiguës, dont la médiane serait abaissée.

LE LIBAN

La montagne, dans la région de Beyrouth, atteint la côte.

De Djbaïl à la trouée Tripoli-Homs, elle en est séparée par une plate-forme basse, portant, face à Tripoli, le nom de Koura : ce plateau a de 100 à 300 m. d'altitude.

De Beyrouth vers le Sud, des plateaux de plus en plus larges séparent également la montagne de la côte. Ils s'élèvent progressivement vers la frontière libano-palestinienne, où, dans le Djébel Aamel, ils atteignent un millier de mètres d'altitude ; ils culminent un peu plus au Sud, au-dessus de Safed, à 1206 m. et passent insensiblement au paysage de la Galilée.

La position du pied du massif libanais du côté mer, est assez bien indiquée par la courbe de 500m. Depuis Beyrouth jusqu'à la trouée Tripoli-Homs, celle-

ci suit une direction générale SSW-NNE, avec léger débordement vers l'Ouest à la hauteur de Djbaïl. De Beyrouth vers le Sud, elle se rapproche de la direction méridienne.

Du côté Békaa, le pied de la montagne est tracé par la courbe de 1000m.. Elle suit, d'une extrémité à l'autre du Liban, une ligne presque droite, SSW-NNE, avec léger débordement vers l'Est en face de Lahoué.

La région interceptée par ces deux lignes de niveau représente la montagne du Liban. Celle-ci est d'une grande simplicité de forme générale. Elle s'étend tout en longueur, dans la direction SSW-NNE. D'une extrémité à l'autre, elle mesure 170km.. La largeur moyenne, au Nord de Beyrouth, est d'une trentaine de kilomètres; la partie Sud s'effile en pointe.

La crête se tient sur le côté Est du massif. Elle s'élève progressivement de 1674m. au Toumat Djezzine, jusqu'à 3088m. au Qornet es Saouda. D'une altitude moyenne de 2200m., elle est coupée seulement par deux cols élevés, situés dans la partie centrale, de part et d'autre du Djebel Kneïssé; ce sont le Dahr el Baïdar, 1500m. et le col de Zahlé-Mrouj, 1700m. (Fig. 3a).

Le versant méditerranéen tombe en pente régulière d'environ 100m. par kilomètre. Des vallées profondes, courant droit à la mer, le découpent en autant de petits pays, qui n'ont de débouché que vers la côte. La plupart de ces grandes coupures provoquent le jaillissement de puissantes sources de montagne. Le versant méditerranéen compte dix cours d'eau permanents.

Du côté intérieur, la ligne de crêtes est suivie de très près par une grande faille rectiligne, nettement visible de la Békaa, le long de laquelle le relief s'abaisse brusquement de plusieurs centaines de mètres. De cette faille jusqu'au fond de la Békaa, la retombée s'accomplit, dans la partie Nord du Liban, par un flanc en forme de demi-voûte de 15 km. de large. Vers Zahlé, ce flanc se rétrécit jusqu'à disparaître, en sorte que la faille est visible à mi-pente dans le Nord, tandis qu'au Sud elle longe le pied de la montagne.

L'ANTI-LIBAN

Il peut être qualifié de massif jumeau du Liban.

Orographiquement, il est moins nettement défini (Fig. 2): dans le Nord, il passe presque insensiblement au domaine des plissements palmyréniens. De plus, il ne présente pas la simplicité et la rectitude de forme si particulière au Liban.

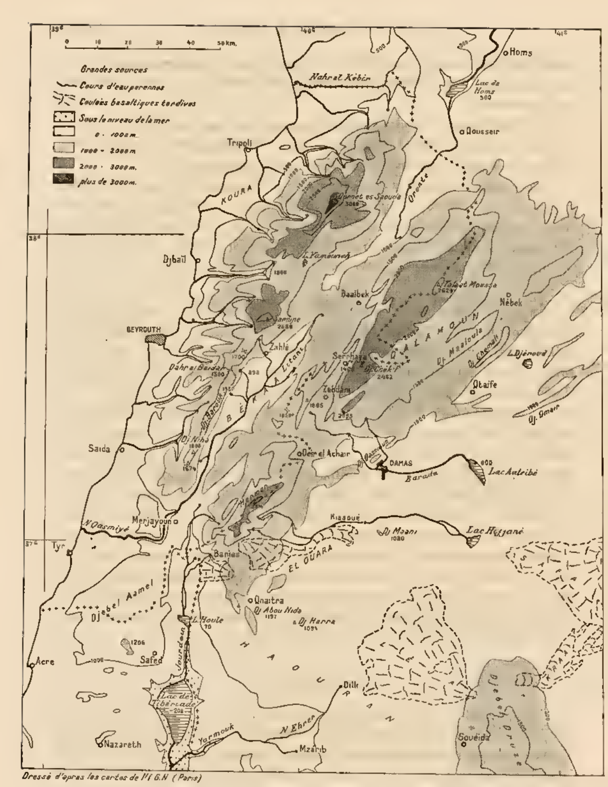


Fig. 2. — Orographie et cours d'eau pérennes du Liban, de l'Anti-Liban et de la Damascène. Échelle 4/5 millions (1 cm. = 12,5 km.). Courbes hypsométriques de 500 m en 500 m. (Croquis établi d'après les cartes de l'Institut Géographique National).

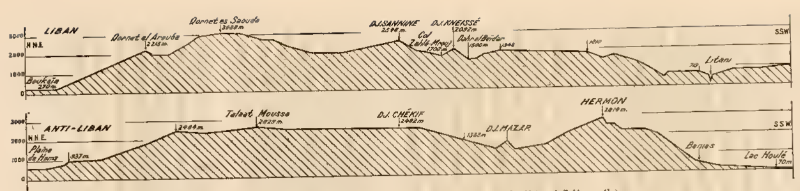


Fig. 3. — Profil longitudinal des crêtes du Liban (a) et de l'Anti-Liban (b).
Échelles : longueurs 1/1 million, hauteurs 1/200.000.

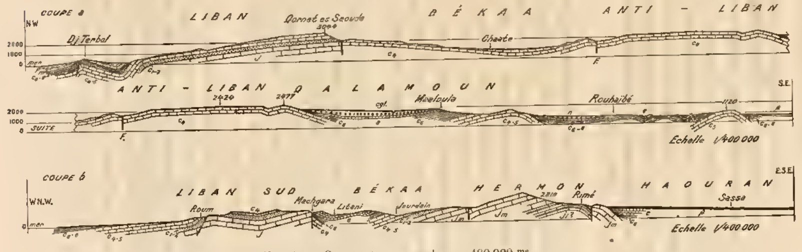


Fig. 4. — Coupes transversales au 400.000 me.
(a) Nord du Liban, Anti-Liban, Qalamoun, plateau désertique (ligne Tripoli-Rouhaïbé).
(b) Sud du Liban, Hermon, Haouran (ligne Saïda-Sassa).

j : calcaires massifs jurassiques
c_1 : grès à lignite de la base du Crétacé
c_2 : terrains argilo-gréseux aptiens
c_3 : marnes vertes albiennes
c_4 : calcaires lités cénomaniens
c_5 : calcaires turoniens
c_6 : marno-calcaires sénoniens
e : marno-calcaires et calcaires nummulitiques.

Pour des raisons morphologiques (voir p. 204), nous délimiterons l'Anti-Liban du côté Békaa par la courbe de 1000m., du côté Est et au Nord du Barada, par la courbe de 2000m, au Sud du Barada par celle de 1500m. ,

Le massif montagneux ainsi défini a les mêmes proportions générales que le Liban. Il couvre un long rectangle couché dans la direction SW-NE, mesurant 170 km. d'une extrémité à l'autre et 22 km. de largeur. Le profil de ses crêtes, plus régulier encore que celui du Liban, a la même altitude moyenne de 2200m., avec points hauts au Sud dans l'Hermon (2814m.) et au Nord dans le Talaat Moussa (2629m.) (Fig. 3b).

L'un des grands contrastes entre Anti-Liban et Liban, c'est que le premier, au lieu de prendre naissance, du côté Ouest, au niveau de la mer ou en tout cas au-dessous de la cote 500, surgit de la Békaa à la cote 1000 et que, d'autre part, au lieu de retomber à l'Est sur une plaine de cote 1000, il donne, de ce côté, sur un pays de 2000 à 1500m. d'altitude. Son relief paraît ainsi beaucoup moins prononcé que celui du Liban ; il est en quelque sorte étouffé par celui des régions avoisinantes, trop élevé de prés d'un millier de mètres.

Comme conséquence, ne se retrouvent pas dans l'Anti-Liban les profondes vallées du versant méditerranéen du Liban.

D'autre part, l'orographie de l'Anti-Liban est compliquée par une grande cassure qui le traverse en diagonale de son coin Sud-Est à son coin Nord-Ouest, et le long de laquelle les dépressions de Deir el Achair, Zebdani et Serrhaya établissent une réelle coupure. Là s'ouvrent deux voies à travers le massif, l'une par le couloir de Serrhaya, utilisée par le chemin de fer (col à 1400 m.), l'autre par le défilé de l'Ouadi Qarn, suivi par la route (col à 1350m., entre Djdeidé et Mejdel Annjar).

Les deux parties de l'Anti-Liban de part et d'autre de la grande cassure diagonale sont à peu près d'égale importance. Chacune a un caractère homogène, mais les deux sont dissemblables, comme nous le verrons ultérieurement. Elles diffèrent du Liban en ce qu'elles ne sont pas tronçonnées par de profondes vallées transversales et ne produisent que quelques sources pérennes importantes. Le Barada, seul cours d'eau comparable aux torrents du Liban, doit son existence aux hautes cimes qui dominent la cassure de Zebdani-Serrhaya.

LA BÈKAA

C'est essentiellement une plaine s'étendant entre le pied des versants du Liban et de l'Anti-Liban. Nous en avons déjà indiqué les cotes. La largeur est d'une dizaine de kilomètres.

Mais, définie comme couloir compris entre le Liban et l'Anti-Liban, la Békaa doit inclure le système montagneux qui, au Sud, la sépare du couloir de la Mer Morte, le Djebel el Aarbi (1503m.), haut de 600m. au-dessus de la Bèkaa centrale.

LES PLISSEMENTS DU QALAMOUN

Un faisceau de fines lignes montagneuses se détachent en éventail de l'Anti-Liban vers le N.E.. Elles n'ont pas toutes la même signification.

Les unes représentent les noyaux durs et saillants de fins plissements, tels le Djebel Chemali, la ligne des Dj. Aantar, Dj. Qasyoun et Dj. Aboul Aata, enfin le Dj. Dmeir (Fig. 4a).

D'autres correspondent à des corniches formées par ce qui reste de l'ancienne enveloppe de ces plis : ainsi le Dj. Maaloula et le Dj. Barte.

Leur ensemble, ainsi que les plaines et dépressions qui les séparent et jusqu'à des plis situés sur la marge orientale de l'Anti-Liban (sommet 2095 à l'Est de Zebdani et pli du Talaat Moussa) portent le nom de Qalamoun.

Ce pays, dans son ensemble, s'abaisse régulièrement vers le SE, de 2000m. le long de l'Anti-Liban, à 1300m. à Nèbek, 900m. à Qteïfè, 700m. à Dmeir et Damas. La saillie des noyaux des plis au-dessus des plaines voisines est de l'ordre de 500-600m. : ainsi le Dj. Qasyoun s'élève à 500m. au-dessus de la plaine de Damas.

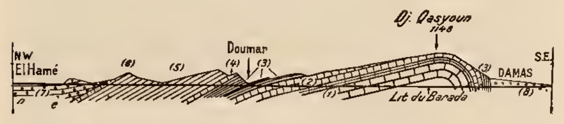


Fig. 5. — Coupe du Djebel Qasyoun, pli dominant la ville de Damas. Échelle 1/50.000.

c4 : calcaires lités cénomaniens — em : marno-calcaires éocènes moyens
c5 : marnes et calcaires turoniens — es : calcaires éocènes supérieurs
c6 : marno-calcaires sénoniens — n : poudingues néogènes

LE HAOURAN ET LA PLAINE DE DAMAS

Au sud de l'Hermon et des plis du Qalamoun, s'étend une région de relief atténué, qui comprend le Haouran, pays volcanique, gris, parsemé de cônes rouges et la plaine verdoyante de Damas.

Le Haouran, quoique accidenté, a le caractère d'un plateau, parce que le support de ses basaltes est tabulaire et prolonge simplement le plateau calcaire et crayeux du désert syrien, à environ 600m. d'altitude. Le relief actuel a été réalisé par la surimposition des basaltes (Fig. 4b).

Les laves basaltiques étaient très fluides et se sont étalées au-dessus des plaines en larges nappes de quelques mètres d'épaisseur seulement. Cependant, autour des bouches volcaniques qui les ont émises, elles se sont accumulées sur une plus grande épaisseur. Ainsi se sont constitués des cônes de basalte, larges et surbaissés, gris, dominés çà et là par de petits cônes de scories rouges ou noires, formés par les projections émises pendant la phase finale de l'activité du volcan.

Le Haouran nous montre, autour de Qneïtra, des appareils volcaniques complets, intacts, et dans le Léjâ, le Safa, des nappes parfaitement conservées. On reconnaît aussi dans le paysage des appareils anciens, démantelés, dont le cône de scories a disparu : telles les collines de Kissoué, où est visible, au Dj. Maani, une épaisseur de 300 m. de basalte.

Les reliefs du Haouran s'étagent ainsi, à la fois multiples et monotones, entre 600 et 1000 m. d'altitude. Les cônes de scories élevés, comme ceux du Dj. Harra, au centre du Haouran, ou du Dj. Abou Nida, à côté de Qneïtra, ont de 250 à 300 m. de haut.

La plaine de Damas représente une partie déprimée du plateau basaltique, qui s'est transformée en une cuvette lacustre, comblée petit à petit par des marnes lacustres et, sur la lisière septentrionale, par les alluvions du Barada et les cailloutis apportés par les eaux sauvages descendant, les jours d'orage, des collines du Qalamoun.

III. — CARACTÈRE LITHOLOGIQUE

(Fig. 11)

Le sous-sol de la contrée étudiée est nu. Sa nature lithologique joue de ce fait un rôle géographique de premier plan, dont il doit être tenu compte dans la recherche des unités naturelles. Ainsi l'Anti-Liban n'apparaît dans sa simple grandeur que compte tenu à la fois de ses caractères orographiques et lithologiques.

DIVERSES NATURES DE ROCHES

Les roches qui constituent le sous-sol de notre région comprennent des sédiments marins, des produits d'altération et d'érosion continentales et des basaltes.

Parmi les sédiments d'origine marine figurent les calcaires, des terrains grèseux et argilo-grèseux et des marno-calcaires ; ceux d'origine continentale sont représentés principalement par des conglomérats, des cailloutis, des terres arables et, pour une moindre part, par des marnes et tufs d'eau douce.

Quels sont les caractères particuliers et le rôle dans le paysage de ces divers terrains ?

Les Calcaires sont de beaucoup la roche la plus répandue dans notre région, ils se trouvent aussi bien dans les régions montagneuses que dans les parties basses voisines. Ils sont d'âges jurassique, crétacé, éocène et miocène. Ce qui les caractérise, c'est leur dureté relative, la fissuration, la sensibilité à l'attaque par les eaux de pluie, et comme conséquence, la grande perméabilité.

L'eau de pluie, qui s'est chargée d'acide carbonique dans sa chute à travers l'atmosphère, attaque activement le calcaire pur. En ruisselant sur les parois rocheuses, elle ronge la roche, creusant ainsi des rigoles, séparées les unes des autres par des arêtes vives. Puis elle pénètre dans les fissures, les joints de stratification, attaque et creuse autour d'elle. Ainsi prennent naissance ces paysages rugueux et impraticables, véritables forêts de pointes calcaires, appelés *lapiez* ou *karst*.

Les lapiez ne se développent bien que dans les calcaires purs; les plus beaux de notre région sont ceux des calcaires jurassiques (1) (rochers de

(1) Voir le tableau chronologique, p. 213.

Feitroun, du Dj. Zebdani, etc.). Lorsque le calcaire est argileux, l'argile libérée par l'attaque couvre bientôt la roche d'une pellicule protectrice, qui suspend le processus.

Dans le Crétacé, où alternent calcaires et marno-calcaires, le phénomène karstique se développe dans les calcaires et se répercute, par effondrement, jusque dans les marnes.

Les calcaires éocènes et miocènes, dont le grain est grossier, produisent des lapiez à formes émoussées.

Terrains Grèseux et Argilo-Grèseux du Liban et de l'Anti-Liban. Dans le Liban Central, des grès, formés de grains de quartz de granite unis par un peu d'oxyde de fer, égayent le paysage par leurs couleurs vives, rouges et ocres perçant à travers le feuillage sombre de pins-pignons. Ils sont très peu cimentés et presque sablonneux à quelques mètres de profondeur; mais superficiellement, ils sont encroûtés par de l'oxyde de fer, donc plus consistants. Ils restent néanmoins tendres et sont sujets au ravinement.

Ils fixent l'eau de ruissellement par porosité et la restituent au niveau d'intercalations argileuses, par des sources nombreuses, de petits débits et dispersées.

Ces grès siliceux, qui représentent la base du Crétacé, se trouvent à travers toute l'aire des massifs du Liban et de l'Anti-Liban. Mais, hors du Liban Central, leur épaisseur se réduit à tel point qu'ils se confondent avec le complexe immédiatement sus-jacent, formé de Terrains Argilo-Grèseux avec Intercalations de Bancs Calcaires Isolés. Ce nouveau groupe de couches est également le plus développé dans le Liban Central : il englobe l'Aptien et l'Albien.

Pris dans leur ensemble, ces terrains sont peu perméables et tendres; ils sont la proie, non seulement de l'érosion directe, mais aussi de décollements et glissements parfois importants. Leur position sur les versants montagneux est marquée par un creux dans le profil des versants, bien que souvent la roche en place soit recouverte par des dizaines de mètres d'éboulis.

L'alternance de bancs calcaires fissurés, de grès poreux et d'argiles imperméables est favorable à la formation de sources petites et dispersées, comme celles des grès siliceux, mais plutôt plus nombreuses.

Les Marno-Calcaires des Régions Basses. D'âge crétacé supérieur et nummulitique, ces terrains se trouvent limités aux régions basses en dehors des massifs : plate-forme côtière du Koura, plateaux du Liban Sud, Békaa, Damascène.

Il existe des marno-calcaires de diverses compacités, mais dans l'ensemble, ces terrains sont relativement tendres et peu perméables. Leur surface, comparativement à celle des calcaires, paraît lisse dans les aires de faible relief ; dans les ruptures de pente, elle est ravinée.

Ces terrains sont à la fois poreux et fissurés, mais à un faible degré. Leur surface est souvent encroutée, et en dessous, la roche est durcie et craquelée sur une quinzaine de mètres de profondeur. Aussi, les marno-calcaires retiennent-ils de l'eau, qui alimente des sources ou des nappes souterraines. Ces dernières sont exploitées par *foggaras*, c'est à dire par des galeries qui, à partir de points bas, s'engagent, avec un minimum de pente, dans les versants marno-calcaires, jusqu'à ce qu'elles aient pénétré dans la nappe aquifère et recoupé des veines d'eau. Les *foggaras* représentent des sortes de ponctions dans les réserves d'eaux souterraines. Il en existe dans la région de Nébek et de Deir Aatiyé donnant un débit de 20-30 litres par seconde.

Dans les pays semi-désertiques, les villages ont tendance à se fixer sur les marno-calcaires, en raison de leurs réserves en eau et aussi parce que ce sous-sol est facile à aménager.

Les Conglomérats, Cailloutis, Terres Arables ainsi que les Marnes et Tufs d'Eau Douce sont, comme les marno-calcaires, limités aux régions basses voisines des massifs. Ils sont d'âges néogène à quaternaire. Jusqu'à la fin du Nummilitique, les reliefs étaient donc peu accusés, puisqu'il n'y avait pas d'érosion active accompagnée de production de galets.

Sur le littoral méditerranéen, ces terrains jouent un rôle subordonné : on trouve les poudingues dans le Koura, des terres arables dans l'Aakkar. Le domaine de ces roches est l'intérieur, car là les produits de l'érosion se sont entassés sans être repris au fur et à mesure par la mer. Les marnes lacustres et les conglomérats constituent un terrain aride, telles les vastes plaines caillouteuses du Nord de la Békaa ou de la Damascène. Les terres arables, plus ou moins mélangées de cailloutis, se rencontrent dans la Békaa Centrale,

dans la plaine de Homs, enfin dans la Ghoutta (1) ; leur aspect et leur fertilité varient du tout au tout selon qu'elles sont irriguées ou non.

Des Basaltes affleurent en petites surfaces au milieu des terrains argilo-gréseux du Liban et y sont recherchés pour leur fertilité. Les grandes étendues basaltiques se trouvent dans la trouée Tripoli-Homs et au Sud de l'Anti-Liban.

Ces basaltes datent du Néogène et du Quaternaire ; l'Homme a dû voir se répandre les dernières coulées. Celles-ci nous montrent que la lave basaltique a atteint la surface dans un état de grande fluidité, qu'elle a envahi les ravins et recouvert les plaines de nappes continues mesurant des dizaines de kilomètres carrés. En se répandant, elle a charrié une carapace semi-solide, semi-visqueuse, qui s'écrasait, se plissait et se brisait en voûtes tourmentées, atteignant couramment 5-10 m. de hauteur. Puis en se refroidissant, le basalte s'est divisé en prismes dans les couches superficielles et en polyèdres plus confus en profondeur. Dans les coulées anciennes, ces prismes et polyèdres ont été libérés, morcelés, altérés, avec production de terre sombre, donnant les champs de terre et de pierres du Haouran et des environs de Homs.

LITHOLOGIE ET UNITÉS NATURELLES

La répartition des divers types lithologiques a été indiquée. Il doit être précisé qu'elle ne produit pas une mosaïque plus ou moins confuse ; l'ordre qui en résulte contribue à marquer les unités naturelles.

La montagne au Liban et dans l'Anti-Liban est faite de calcaires et de terrains gréseux et argilo-gréseux. Les calcaires prédominent dans la moitié Nord du massif du Liban ; dans la moitié Sud, ce sont les terrains gréseux et argilo-gréseux. Dans l'Anti-Liban, ces derniers sont subordonnés au point que ce massif pourrait être décrit comme une simple longue voûte calcaire, généralement aplatie dans sa région haute, la courbure se reportant vers les bords. — Les calcaires constituent aussi les axes des plis de la Damascène.

Les marno-calcaires, associés à des calcaires, sont limités aux régions basses : Koura, Djébel Aamel, Djébel ed Dahr, Qalamoun. Les conglomérats, terres arables, occupent les fonds de dépressions : plaine de Zghorta, Békaa,

(1) Jardins de Damas.

plaine de Homs, plaine de Damas, ou encore, comme dans le Qalamoun, des aires qui ont constitué des fonds de dépressions dans le passé géologique.

Les nappes basaltiques se répartissent sur deux aires : d'une part sur le bord méridional de la montagne Alaouite, d'autre par sur les plateaux au Sud de l'Anti-Liban et du Qalamoun.

Il est à remarquer combien clairement l'Anti-Liban se dégage comme grand massif calcaire, alors que son orographie seule ne permettait pas d'en tracer les limites.

IV. — STRUCTURE GÉOLOGIQUE

A) SCHÉMA STRUCTURAL

(Fig. 6)

Le système orographique Liban, Békaa, Anti-Liban constitue un tout, qui doit être considéré dans son ensemble pour être décrit et expliqué. Pourtant, de la côte méditerranéenne jusqu'au désert syrien, le style structural se modifie, de cassant il devient souple, aux failles, découpant des compartiments, se substituent progressivement de fines rides séparées par de larges dépressions synclinales. Le Liban représente typiquement un style, la Damascène l'autre ; dans l'Anti-Liban, les deux se superposent.

Nous pouvons aujourd'hui suivre ces transformations de style sur les excellentes cartes topographiques de l'Institut Géographique National (Paris), ainsi que sur des cartes géologiques au 50.000^{me}, qui couvrent depuis la côte jusqu'aux abords du désert.

Cette dualité de style de l'Anti-Liban a été à l'origine de deux tendances opposées dans l'interprétation du système orographique Liban, Békaa, Anti-Liban.

C. Diener **(2)** (1) et M. Blanckenhorn **(3)**, les premiers qui aient étudié avec quelque détail notre région, respectivement en 1886 et à partir de 1888, en ont expliqué la morphologie en attribuant un rôle prédominant non pas à des plissements, mais à des cassures. Ils ont considéré la Békaa comme un fossé typique, situé dans le prolongement du grand fossé de la Mer Morte, et les massifs qui l'encadrent comme des horsts.

Ils ont quelque peu multiplié les failles, mais leur interprétation est de beaucoup celle qui se rapproche le plus des faits. Diener a évalué à 2400 m. le rejet de la Békaa par rapport au Liban : nous retrouverons ce chiffre Fig. 8.

(1) Les caractères gras entre parenthèses renvoient à la liste bibliographique *in fine*.

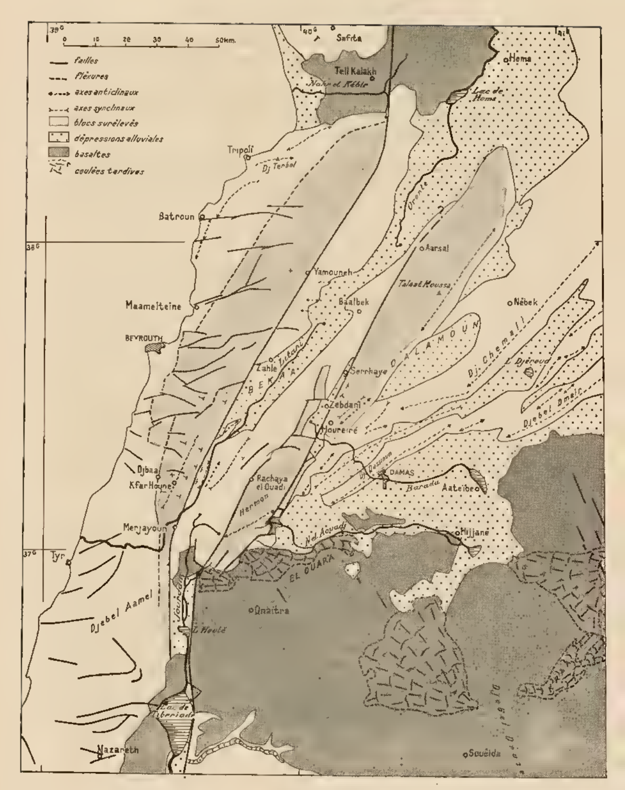


Fig. 6. — Schéma structural. Échelle 4/5 millions.

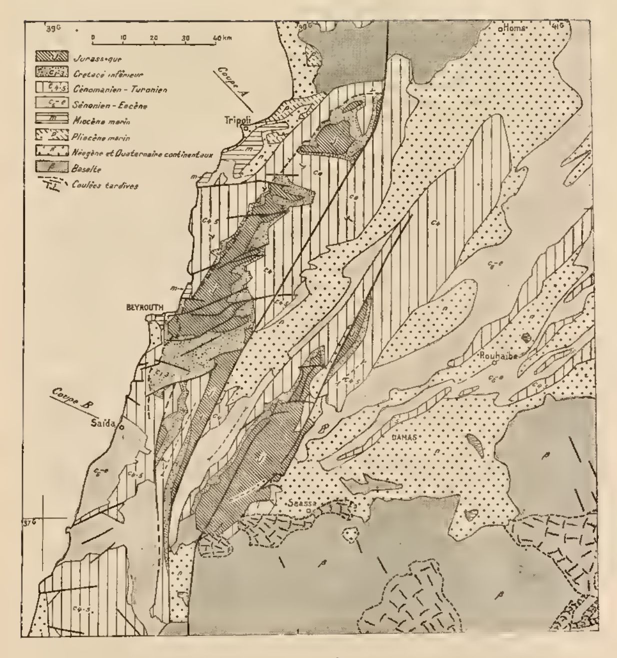


Fig. 7. — Carte géologique. Échelle 4/5 millions.

Le Liban est caractérisé par un style faillé ; sa partie haute est un horst. Dans l'Anti-Liban, de grandes failles permettent également les déplacements verticaux de grands compartiments ; cependant, vers l'Est se développe un style plissé. La Békaa apparaît comme un compartiment affaissé entre des compartiments hauts: elle est un fossé.

L. Kober (**4**), géologue alpin, sur le seul vu de l'itinéraire assez peu typique de la route Beyrouth-Damas (1910), a fait du Liban et de l'Anti-Liban deux plis et de la Békaa un synclinal faillé. Il voit une réplique au Taurus d'une part, au Liban et à l'Anti-Liban de l'autre, respectivement dans les Alpes et le Jura. Au fossé syrien correspondrait le fossé rhénan, aux plateaux palestinien et transjordanien correspondraient la Forêt Noire et les Vosges. Kober concrétise ses vues en plusieurs croquis : ceux-ci ne correspondent pas aux faits observables sur le terrain.

Les deux conceptions opposées ont été combinées par E. Krenkel (**5**) dans une synthèse quelque peu choquante. Il réunit tous les reliefs de la bordure sud-orientale et orientale de la Méditerranée en une vaste guirlande de plis s'étendant de l'Égypte jusqu'au Taurus. La branche septentrionale de cette guirlande est coupée non pas obliquement, mais longitudinalement par le prolongement du fossé de la Mer Morte, de façon que la Békaa soit un fossé encadré par les plis du Liban et de l'Anti-Liban.

Nos propres recherches ont commencé voici 20 ans, nous avons incliné d'abord vers l'hypothèse de Kober (notre maître et ami) ; mais avons été ramené aux vues de Diener et Blankenhorn et d'autant plus que les données de terrain se multipliaient. Nous citerons quelques extraits de nos notes :

1929 (**6**) « Le Liban forme un grand dôme... . La retombée orientale... se fait brusquement et avec failles vers la Békaa, qui est une grande plaine synclinale, au delà de laquelle les couches remontent en pente douce vers l'Anti-Liban. L'Anti-Liban, troisième dôme...».

1932 (**7**) « Les massifs trapus et les dépressions de la Syrie et de la Palestine ont tantôt les caractères de dômes et de synclinaux, tantôt ceux de horsts et de fossés. Ils résultent de déformations du socle et la couverture sédimentaire, passive, ne s'est plissée que secondairement ».

1933 (**8**) « La carte géologique montre aujourd'hui que les régions hautes de ces massifs sont relativement tabulaires et qu'elles sont limitées par des failles à grands rejets ou par d'étroites zones de forts pendages : elles correspondent donc à des horsts et les dépressions qu'elles encadrent sont des fossés ».

1934 (**9**, p. 305) « La Békaa... est en fait un fossé, mais donne au premier abord l'impression d'une large dépression synclinale ».

Dès 1934, nous avions mis en place les failles qui encadrent la Békaa. Le caractère tectonique particulier du Liban et de l'Anti-Liban s'est révélé petit à petit, au lever géologique détaillé. Il confirme les vues exprimées, voici 60 ans, par Diener et Blanckenhorn.

Le schéma Fig. 6 résume l'état actuel de nos connaissances sur la structure du système Liban-Békaa-Anti-Liban. Pour la clarté, les failles subordonnées n'y ont pas été figurées.

Les *failles principales* ont deux orientations, l'une SSW-NNE, longitudinale par rapport au système orographique, l'autre approximativement W-E, donc transversale.— Aux failles longitudinales, il convient de rattacher une ligne de *flexures* qui limitent à l'Ouest le Liban montagneux et dont l'effet est compa-

rable à celui des failles longitudinales, quoique réalisé dans des formes plus douces.

Les failles longitudinales (et la ligne de flexures) prolongent les failles du sillon de la Mer Morte. Elles délimitent et séparent les unes des autres les grandes unités structurales et constituent ainsi l'élément structural essentiel. Celle dont l'effet est le plus marqué est la grande faille orientale du Liban, qui passe par Merdjayoun et par Yammouneh. La Fig. 8 donne l'importance de son rejet.

Les failles transversales sont propres au Liban, elles le découpent en tronçons, sans toutefois altérer l'unité du massif: elles ne se sont d'ailleurs révélées qu'à l'étude géologique détaillée. — De multiples failles de moindre importance les complètent. Il en résulte le compartimentage caractéristique du Liban, très poussé surtout dans le Liban Central, aux alentours de la route Beyrouth-Damas. L'Anti-Liban, quoique localement aussi compliqué de structure, présente des unités beaucoup plus larges.

Notre schéma indique également les *régions tectoniquement hautes*. Celle du Liban est comprise entre la grande faille de Merdjayoun-Yammouneh, à l'Est, et une ligne de flexures à l'Ouest. Elle représente comme une touche de piano restée en relief entre deux touches abaissées; elle peut être qualifiée de *horst* typique (Fig. 9).

L'Anti-Liban est plus complexe. Il est coupé obliquement par les deux failles de Rachaya el Ouadi et de Zebdani-Serrhaya, qui se relayent. Entre elles, se situe un bloc élevé, l'Hermon, où le Jurassique atteint, à 2800 m., son point culminant. A l'Est de la faille de Zebdani-Serrhaya, s'élève le bord redressé du plateau intérieur. A l'Ouest de la faille de Rachaya el Ouadi et à l'Ouest de la partie Nord de la faille de Zebdani-Serrhaya, se situe une région montagneuse, mais affaissée, qui fait partie de la Békaa au sens large de ce terme, c'est à dire du couloir encadré par les reliefs du Liban et de l'Anti-Liban.

La Békaa, au sens large du mot, représente un *fossé* typique, affaissé entre la faille de Merdjayoun-Yammouneh d'une part et celles de Rachaya el Ouadi et Zebdani-Serrhaya d'autre part. Les couches qui en constituent le fond se relèvent, sur ses bords, vers les régions hautes, en sorte qu'entre les cassures qui la délimitent, elle prend la forme d'un large synclinal. Au fond de celui-ci se sont accumulés les produits de l'érosion des massifs voisins. Les plus anciens de ceux-ci ont participé aux dernières phases orogéniques et

apparaissent redressés sur les bords de la plaine ; les plus récents, étalés régulièrement, en occupent le fond et forment la Békaa proprement dite. Celle-ci se place obliquement par rapport au grand couloir, en sorte qu'elle bute contre la faille de Merdjayoun-Yammouneh, sur une quinzaine de kilomètres de longueur.

Nous devons mentionner ici deux récentes notes d'E. DE VAUMAS sur la structure de la Békaa et sur la structure de la bordure orientale de la Méditerranée. : DE VAUMAS écrit (**19**).

« La dénivellation topographique de la Békaa s'explique essentiellement par la courbure synclinale des strates ».

« Les failles de l'Anti-Liban ne peuvent être invoquées contre cette conclusion ».

« Le Liban lui-même offre des fractures notables, mais qui ne sont pas plus favorables à l'interprétation de la Békaa comme fossé tectonique... Mais le regard est tourné vers l'Ouest, avec rejet notable au Djebel Akroum ».

« Il en est de même au droit de la culmination du Sannine, où les couches de l'Aptien apparaissent à l'Est de la faille, tandis que le Cénomanien... se montre du côté Liban. *Sur le reste du tracé de la faille, l'orientation de la faille ne peut être reconnue, mais le rejet semble à peu près nul*... etc. ».

E. DE VAUMAS continue (**20**) « ...Il faut aller encore plus loin. On a noté que du côté de l'Anti-Liban et de l'Hermon, c'était ces massifs qui se trouvaient déprimés par rapport à la Békaa. La même constatation peut se faire du côté du Liban, dans quelque endroit où l'on peut observer les faits de manière décisive... etc. ».

Puis il cherche une explication à l'effondrement des massifs côtiers (**20**) :

« Le socle syro-arabe apparaît donc comme un immense radeau de sial baignant dans le sima et légèrement basculé par rapport à lui. Redressé vers la Méditerranée, il plonge lentement en direction de l'Irak et des premières chaines de l'Iran ».

« ...l'écorce terrestre, trop enfoncée en Mésopotamie, émerge sur la côte méditerranéenne, elle s'y trouve de ce côté en porte à faux » etc.

Le début de l'exposé de DE VAUMAS ne nous surprend pas : c'est un retour aux vues de KOBER (DE VAUMAS, qui présente ses vues comme nouvelles aux *CR. Ac. Sc.*, ne cite pas ses prédécesseurs). Il est certain que la dénivellation topographique de la Békaa s'explique en grande partie par la courbure synclinale des strates. Mais il nous paraît inadmissible de méconnaître la grande faille orientale du Liban jusqu'à affirmer que son rejet est à peu près nul ou même à la faire jouer à l'envers. Les documents que nous avons tenus à la disposition de DE VAUMAS (et qu'il ne cite pas non plus), lui permettaient, aussi bien qu'à nous-mêmes, d'établir le graphique des rejets de cette faille (FIG. 8).

Affirmer que le Liban et l'Anti-Liban sont « déprimés » par rapport à la Békaa, c'est chercher le paradoxe ou changer le sens des mots. Le lecteur y trouvera une réponse objective FIG. 9.

Quant à faire de la grande tectonique, basculer un continent comme s'il était un petit radeau rigide, homogène et d'épaisseur constante, cela est évidemment tentant, mais trop simpliste. L'étude de H. de Cizancourt sur la tectonique profonde de la Syrie et du Liban nous montre avec quelle réserve les géophysiciens abordent ces problèmes.

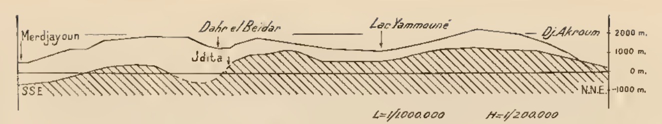


Fig. 8. — Graphique des rejets de la grande faille orientale du Liban. Les deux lignes représentent la surface structurale du sommet du Jurassique : trait supérieur, côté Liban, trait inférieur côté Békaa. En tireté : position incertaine sous le fond synclinal de la Békaa proprement dite. Le graphique s'appuie sur des levers au 50.000[e] depuis Yammouneh vers le Sud, sur des levers au 200.000[e] vers le Nord.

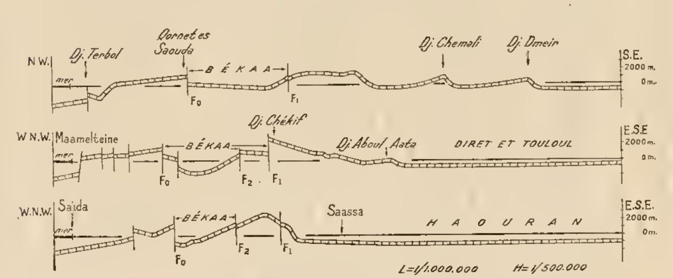


Fig. 9. — Profils s'étendant de la Méditerranée jusque dans le plateau désertique syrien et recoupant transversalement respectivement le Nord, le centre et le Sud du Liban et de l'Anti-Liban : ils montrent la position et l'allure de la surface structurale du Jurassique. — Le horst du Liban et sa grande faille orientale F_0 sont nettement reconnaissables. Par contre les effets de la faille de Rachaya el Ouadi, F_2, et de la faille de Zebdani-Serrhaya, F_1, n'apparaissent pleinement que lorsqu'on suit ces failles tout le long de leur tracé. Le rejet de la faille F1, au droit de Serrhaya, est de 800 m.

Les *plissements* sont connus au Liban comme manifestations exceptionnelles. Trois plis en échelon, en face de Tripoli, et trois petits anticlinaux, s'avançant transversalement dans la Békaa au pied de Yammouneh ne se rattachent pas à quelque système de plis plus développé: ils sont en quelque sorte accidentels.

La tendance au plissement s'affirme plus franchement sur la coupe Saïda-Sassa (Fig. 4b), mais dans des formes très particulières : on y trouve, associés aux grandes failles et étroitement pressés les uns contre les autres, des plis, un synclinal en V, un monoclinal et une large voûte. Il semblerait que les forces tangentielles aient atteint là leur plus grande intensité : le Jurassique culmine très haut dans la *voûte de l'Hermon.* Et pourtant, le jeu des grandes cassures n'a pas permis aux forces tangentielles de jouer pleinement.

La puissante voûte de l'Hermon peut être considérée comme le nœud d'un faisceau de plis se développant vers le Nord-Est, sur 400 kilomètres, jusqu'à l'Euphrate. Les rides anticlinales, fines, y sont séparées par de larges synclinaux. Les plis apparaissent dès la lisière orientale de l'Anti-Liban : anticlinal de Houreïré, encore séparé du monoclinal de Zebdani par un synclinal en V ; puis anticlinal du Talaat Moussa (Fig. 4 a). Tectoniquement, il n'y a pas de séparation entre ces deux plis et ceux qui se trouvent plus à l'Est ; ils sont simplement plus élevés. Dans le langage populaire, l'ensemble du pays plissé est connu sous le nom de *Qalamoun.*

Le long système montagneux de l'Anti-Liban est formé ainsi de trois grands ensembles à caractères très différents :

1) une partie de fossé à l'Ouest de la faille de Rachaya el Ouadi.
2) la large voûte de l'Hermon et ses contreforts, compris entre la faille de Rachaya el Ouadi et celle de Zebdani-Serrhaya ;
3) une partie plissée, située à l'Est de la faille de Zebdani-Serrhaya et passant, sans discontinuité tectonique, aux plis du Qalamoun.

Simplifiant et ne retenant que les traits majeurs, nous dirons que l'Anti-Liban est coupé en diagonale par la grande faille de Zebdani-Serrhaya et qu'il se compose du massif de l'Hermon et de ses contreforts, situés à l'Ouest, et du Qalamoun, situé à l'Est. Cette définition conserve à la limite orientale de l'Anti-Liban, du moins dans une certaine mesure, le caractère imprécis qui lui est propre.

Dans le pays basaltique au Sud des plis du Qalamoun apparaît un trait tectonique nouveau : un système de failles SSE-NNW, le long desquelles les laves sont remontées vers la surface, en les jalonnant par des *cratères alignés.*

B) APERÇU STRATIGRAPHIQUE

(Fig. 8; 11)

Les terrains de notre région sont jurassiques, crétacés, tertiaires et quaternaires (1). Ils correspondent à deux grandes transgressions marines, qui noient complètement le pays, puis aux épisodes de l'émersion jusqu'à la réalisation des reliefs actuels.

La première transgression est *jurassique*. Les plus anciens dépôts visibles sont des argiles sableuses, verdâtres, associées à des bancs de dolomie noire. Au-dessus s'étagent plus de mille mètres de calcaires massifs. — Les terrains jurassiques sont visibles exclusivement dans les régions tectoniquement hautes : horst du Liban, Hermon et contreforts, lèvres de la faille de Zebdani-Serrhaya.

La deuxième transgression est *crétacée*. Quelques rares poudingues témoignent qu'elle a été séparée de la précédente, au moins localement, par une émersion. Les premiers dépôts crétacés sont des grès littoraux. Progressivement, le faciès devient plus profond et passe à des terrains argilo-gréseux alternant avec des bancs calcaires divers, *aptiens* ; puis à des marnes vertes *albiennes* ; enfin à des calcaires finement lités et des marno-calcaires *cénomaniens*. Les grès et terrains argilo-gréseux atteignent jusqu'à 500 m. d'épaisseur, les marnes albiennes et calcaires cénomaniens ont une puissance (2)

(1) Tableau Chronologique

Primaire			
Secondaire	Trias		
	Jurassique (j)		
	Crétacé (c)	inférieur	base c_1 ; Aptien c_2
		moyen	Albien c_3 ; Cénomanien c_4 ; Turonien c_5
		supérieur	Sénonien c_6
Tertiaire	Nummulitique		Eocène e_{1-3} ; Oligocène e_4
	Néogène (n)		Miocène m ; Pliocène p

(2) Puissance = épaisseur.

d'environ 700 m. Ces divers terrains se rencontrent dans toute l'étendue des régions montagneuses, où ils se présentent comme une carapace enveloppant le noyau jurassique.

Le *Turonien* ne présente pas cette continuité de développement. Il est inconnu dans les régions hautes du Liban et de l'Anti-Liban, tandis qu'il en couvre les flancs, développé en partie dans un faciès récifal, qui fait penser à la proximité d'un rivage. Il semble que la genèse des reliefs actuels ait commencé au Turonien, quoique nous ne puissions prouver formellement que le Liban et l'Anti-Liban aient alors émergé de la mer.

Le *Crétacé supérieur*, comme le Turonien, se tient à distance des régions hautes actuelles, mais se trouve partout dans les régions basses avoisinantes Il est représenté par des marnes crayeuses blanches tendres.

Celles-ci passent insensiblement au *Nummulitique*, qui est en principe marno-crayeux, quoique plus compact et plus riche en silex que le Crétacé supérieur. L'émersion du Liban et de l'Anti-Liban durant le Nummulitique paraît probable ; au voisinage des rivages, les marnes crayeuses sont remplacées par des calcaires récifaux (Fig. 10). A partir de la fin de l'Eocène moyen,

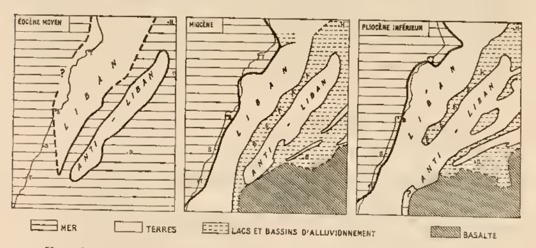


Fig. 10. — Esquisses des extensions des mers et des dépressions lacustres ou alluviales au Tertiaire.

la mer se retire progressivement, d'une part en direction de la côte actuelle, d'autre part en direction du désert. Elle a subsisté dans la Damascène jusqu'à l'Oligocène.

Les reliefs qui pouvaient exister jusque là devaient être plats, au point de ne pas provoquer d'érosion intense. Ces conditions ont changé à la fin du Nummulitique, les reliefs ont alors pris de la vigueur et à peu près leur disposition actuelle. Avec le *Miocène* apparaissent des conglomérats, marins ou continentaux, très développés. Les nouveaux dépôts reposent en franche discordance stratigraphique sur les sédiments antérieurs, qui sont redressés parfois jusqu'à la verticale. Enfin, ces transformations profondes sont accompagnées d'un réveil et d'une intense activité du volcanisme dans le Haouran et la trouée Tripoli-Homs.

La mer miocène n'occupait, dans notre région, que la bordure littorale. Les dépressions de l'intérieur étaient couvertes de grands lacs. C'est par la vidange de ces lacs les uns dans les autres qu'a commencé, vraisemblablement, à s'organiser le réseau hydrographique actuel.

A la fin du Miocène, les contrastes de relief s'accusent, les blocs montagneux s'élèvent, tandis que les fosses s'affaissent. La position de la côte au Pliocène ne s'est guère modifiée, mais la mer pénètre par la plaine d'Esdrelon dans le couloir de la Mer Morte et s'avance bien au delà en Transjordanie (Kasr Azrak). Nous ne savons si ce golfe remontait le sillon du Jourdain jusqu'au Lac de Tibériade ou au lac Houlé. — Le volcanisme était toujours intense. — L'érosion entamait les massifs de plus en plus profondément.

La fin du Pliocène est marquée par une nouvelle phase orogénique, agissant dans le même sens, semble-t-il, que la précédente. Elle isole définitivement le fossé de la Mer Morte.

Le volcanisme a persisté jusque dans le *Quaternaire* et l'Homme a dû assister à l'épanchement des dernières grandes nappes basaltiques : coulée descendant des environs de Qneïtra sur Banias et le Lac Houlé, coulée d'El Ouara jaillie des flancs de l'Hermon, nappes du Léjà et du Kraa issues de la pointe Nord du Djébel Druze, enfin massif du Safa.

L'*érosion* s'est poursuivie jusqu'à réaliser le paysage actuel. Certains de ses effets sont visibles clairement sur la carte géologique FIG. 7. Celle-ci montre en particulier le décapage de la carapace cénomanienne du Liban et la mise à nu du noyau jurassique; ou encore l'usure des plis de la Damascène, originellement enveloppés de Crétacé supérieur et de Nummulitique, jusqu'à la mise en relief du noyau turonien. Dans d'autres cas, il est difficile de

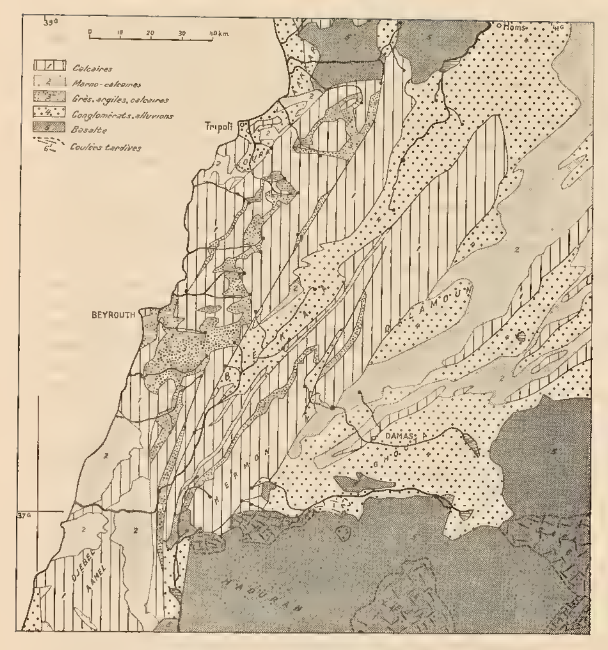


Fig. 11. — Carte lithologique et des sources pérennes. Échelle 4/5 millions.
A remarquer la netteté avec laquelle se dessine le contour de l'Anti-Liban.

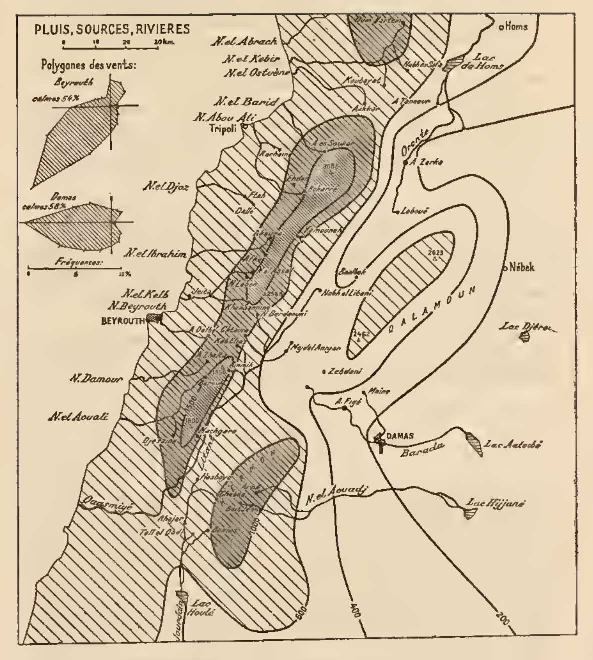


Fig. 12. — Carte pluviométrique et des cours d'eau pérennes. (Isohyètes d'après C. Combier, **16**)

séparer ce qui est un effet de l'érosion de ce qui résulte directement de la tectonique. Ainsi, il ne paraît pas que la crête des Djébel Barouk et Djébel Niha ait jamais été enveloppée de Crétacé ; il est bien plus probable qu'en se dressant, la longue crête jurassique a percé la couverture crétacée. Des problèmes semblables se posent pour le massif de l'Hermon.

L'un des effets de l'érosion a été de permettre le jaillissement de certaines grandes sources de montagnes au Liban. Inversement l'existence de ces sources a eu une répercussion sur le travail de l'érosion.

V — LES EAUX

L'aisance de la vie et la haute densité de peuplement de la région qui nous occupe ne se comprennent pas si l'on ne songe à ses exceptionnelles ressources en eaux. Le Liban compte treize cours d'eau permanents. Damas, qui ne reçoit que 188 mm. de pluies, en moyenne, doit sa verdure et sa prospérité à un autre cours d'eau important.

Cette abondance de l'eau est due à la convergence des effets de la situation géographique, du relief, de la nature lithologique des surfaces, de la structure géologique et enfin du degré d'érosion des massifs.

A) PRÉCIPITATIONS

(Fig. 12)

Grâce à la vigueur de ses reliefs, cette partie de la bordure méditerranéenne reçoit des précipitations abondantes, mais violentes et limitées aux mois d'hiver, essentiellement de novembre à avril. Comme elles sont apportées par des vents d'Ouest et du Sud-Ouest, le Liban est plus arrosé que l'Anti-Liban ; ses crêtes et hauts-plateaux reçoivent une tranche d'eau atteignant 1500 mm., L'Hermon et les parties voisines du Haouran sont également abondamment arrosés, tandis que le Qalamoun, malgré son altitude, ne reçoit que 600 mm. d'eau.

Les précipitations se font, dans les régions hautes, sous forme de neige ; celle-ci persiste sur quelques sommets, c'est-à-dire sur de petites surfaces seulement, jusqu'au cœur de l'été.

B) GRANDES SOURCES

(Fig. 11, 12, 13)

De ce régime résulte que les cours d'eau sont alimentés, pendant une brève saison, seulement par le ruissellement superficiel. S'ils sont pérennes, c'est qu'ils sont entretenus par des *sources*.

Celles-ci jaillissent des massifs calcaires. Il est clair que les grandes surfaces calcaires du Liban et de l'Anti-Liban absorbent une très grande partie des précipitations qu'elles reçoivent. D'autre part, les calcaires jurassiques atteignent 1000 m. d'épaisseur, les calcaires crétacés 700 m.. Les grands massifs calcaires sont donc susceptibles de constituer d'importantes réserves d'eau : ils jouent effectivement le rôle de châteaux d'eau entretenant les sources et les cours d'eau pendant la saison sèche.

L'eau qui s'est infiltrée dans les surfaces calcaires percole les calcaires, c'est à dire s'enfonce dans leurs parties profondes. Son cheminement est influencé par le pendage, mais vraisemblablement un rôle essentiel revient-il à des zones de fissuration d'origine tectonique, dont les cavités ont été agrandies par l'eau elle-même, parallèlement au travail qu'elle accomplit en surface.

L'eau ne se perd pas en profondeur ; il se constitue donc des réserves. Celles-ci peuvent être contenues par des cavernes souterraines; le plus souvent elles doivent se trouver sous une forme plus diffuse, dans des fissures. Or, les fissures étant irrégulièrement distribuées, l'eau ne se trouve pas répartie uniformément dans les parties profondes des massifs calcaires et ne forme donc pas de nappes continues au-dessous d'un niveau donné (les notions de nappes et de surfaces hydrostatiques paraissent devoir être limitées aux zones de fissuration prises isolément).

Le retour de l'eau vers la surface se fait, dans le cas des massifs calcaires, par des sources habituellement puissantes. Celles-ci représentent souvent l'aboutissement de véritables torrents souterrains, qu'il est parfois possible de remonter sur de grandes distances ; ainsi au Liban, les spéléologues auraient remonté la grande source du Fleuve du Chien sur une distance qui se compterait en kilomètres.

Le jaillissement s'accomplit selon deux modes différents :

A) Le mode classique (des manuels) ne se réalise guère que dans la moitié nord du Liban (Fig. 13 a). Les calcaires cénomaniens y constituent des

hauts-plateaux de 1800-3000 m. d'altitude, au-dessous desquels les marnes vertes albiennes affleurent aussi bien sur le versant méditerranéen que sur le versant intérieur. L'eau qui s'est infiltrée dans ces calcaires, en percolant, finit par rencontrer les marnes albiennes, et comme celles-ci sont imperméables,

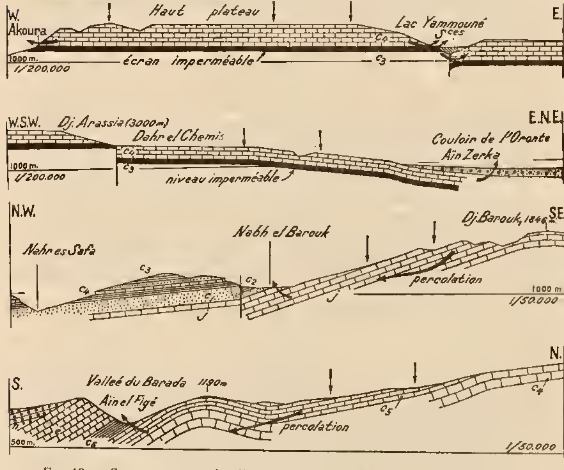


Fig. 13 — Coupes montrant les divers modes de jaillissement des grandes sources.
(a) Sources ordinaires.
(b-d) Sources de trop-plein.
Pour la lecture, se rapporter au tableau chronologique p. 213.

elle les suit jusqu'à l'affleurement. Ainsi jaillissent, de la base des haut-plateaux cénomaniens, les sources d'Akoura et Aphka sur le versant méditerranéen, celle de Yammouneh sur le versant intérieur ; de même, plus au Sud, Nabh el Assal, Nabh Leben et dans le Sud du Liban, la source de Djezzine : ce sont ce que nous appelons des *sources ordinaires*.

B) La plupart des grandes sources de notre région correspondent au cas où les massifs calcaires se poursuivent en profondeur au-dessous du niveau des vallées ou des dépressions voisines. L'eau n'est alors pas ramenée à la surface par un niveau imperméable, elle y revient parce que les fissures ou bien se ferment en profondeur ou bien sont déjà pleines d'eau et ne peuvent continuer à en absorber. Les sources se placent alors habituellement dans des points bas, au fond des vallées, comme la source du Fleuve du Chien et Ain Figeh (Fig. 13 d), ou bien au pied des massifs, sur le bord des plaines, comme Ain Zerka (Fig. 13 b) et encore la source de Banias. Il arrive aussi que des sources de ce type jaillissent en pays montagneux, au contact d'un massif calcaire avec ses contreforts, lorsque ceux-ci sont d'une nature lithologique différente et jouent le rôle d'écran peu perméable : ainsi Nabh es Safa et Nabh Barouk, au pied de la crête jurassique du Djebel Barouk, à son contact avec les contreforts crétacés (Fig. 13 d).

Ces *sources de trop-plein* sont susceptibles d'avoir des débits à la fois très importants et très réguliers.

Toutes les grandes sources des calcaires jurassiques sont de ce deuxième type ; citons :

— la source de Jeïta (Fleuve du Chien, cote 80 m),
— Ain Delbé (Nahr Beyrouth).
— les sources jaillissant au pied des Dj. Barouk et Dj. Niha : Nabh es Safa, Nabh Barouk, Kab Elias, Ammik, Machgara.
— les sources jaillissant au pied de la voûte de l'Hermon ou de ses contreforts : source supérieure du Barada, sources de Chebaa, Banias, Tell el Qadi.

Mais également les calcaires crétacés en produisent :

— au bas des versants du Liban : source de Racheïne, Ain Zerka (grande source de l'Oronte).
— sur le pourtour de l'Anti-Liban : sources de Laboué (Oronte), d'Anjar (Litani), de Hasbaya (Jourdain), d'Ain Figeh (Barada).

Ces diverses grandes sources et les cours d'eau qu'elles entretiennent sont représentées Fig. 11 et 12 ainsi que sur la carte au 400.000[me].

La Fig. 2 montre une particularité du Liban qui, du point de vue de la géographie physique et humaine, est capital : ce pays non seulement possède énormément d'eau, *il en dispose en altitude*. Il est donc possible de la distribuer sur les aires arides, de l'utiliser pour la production d'énergie électrique et de permettre ainsi le développement de régions qui autrement resteraient pauvres et abandonnées.

C) LES COURS D'EAU

Dans la région étudiée, ils sont nombreux et de caractères variés.

Ils ont un trait commun : leur *bassin versant* n'influe que sur les débits d'hiver et de printemps ; il se manifeste parfois dangereusement par les crues consécutives à des orages ; le débit d'été et d'automne est déterminé par l'importance des sources qui l'entretiennent. Il dépend donc de l'importance des réserves constituées dans les massifs calcaires, laquelle échappe, dans une certaine mesure, aux formes topographiques. C'est donc la notion de *massifs-réservoirs* qu'il faut substituer, pour la saison sèche, à celle de bassin versant.

D'après leurs caractères (1) : longueur du cours, profil en long, bassin versant, les cours d'eau de notre région peuvent être divisés en 3 catégories :

1) *les torrents côtiers* : ils dévalent le versant méditerranéen du Liban droit vers la mer, sans se constituer de large bassin versant ; leur profil est court et raide. Ce sont, du Nord au Sud :

les Nahr el Kébir
Nahr el Ostuène
Nahr el Barid
Nahr Abou Ali
Nahr et Djoz
Nahr Ibrahim
Nahr el Kelb
Nahr Beyrouth
Nahr Damour
Nahr el Aouali

2) les rivières du *sillon intérieur*, au cours beaucoup plus long, moins raide et à large bassin versant :

Oronte
Litani
Jourdain

3) les rivières de la Damascène, qui dessinent un filet de verdure à travers un pays aride, puis s'épanouissent dans la Ghoutta et finalement vont se perdre en bordure du désert :

Barada, allant au Lac Euteibé
Nahr el Aouaj, allant au Lac Hedjané

(1) Il n'existe que très peu de données sur les débits des cours d'eau du Liban.

D) PETITES SOURCES

Les grandes sources et les rivières pérennes représentent autant de traits essentiels de notre région, mais elles ne suffisent pas à expliquer l'aspect verdoyant de la montagne du Liban ou du centre de l'Anti-Liban. Les petites

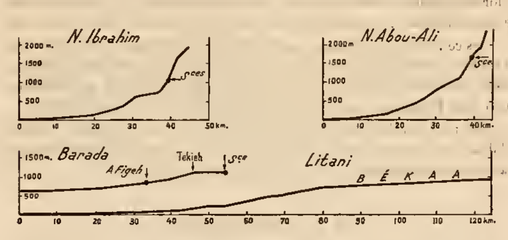


Fig. 14. — Profils en long de torrents et rivières de la région décrite : Nahr Ibrahim, Nahr Abou Ali, Litani, Barada.

sources, qui jaillissent en particulier des terrains gréseux et argilo-gréseux de la base du Crétacé, par leur nombre et par les grandes étendues sur lesquelles elles se distribuent, jouent dans le paysage et dans la vie de l'Homme un rôle également essentiel.

Celui-ci se manifeste surtout au Liban. Du fait de la structure de sa région montagneuse, les terrains gréseux et argilo-gréseux d'une part affleurent en une étroite bande le long de la flexure qui limite le horst à l'Ouest, d'autre part s'étalent en palier sur le dessus du horst. Ce palier va en s'abaissant du Nord vers le Sud. Il est jalonné par de grosses agglomérations de montagne (du Nord au Sud) :

— Ehden 1450 m., Bécharré 1400 m.
— Hadeth ej Joubbé 1460 m., Hasroun 1340 m.
— El Aaqoura 1350 m., Qartaba 1200 m.
— Rayfoun 1000 m., Faytroun 1220 m., Mazraat Kfar Debiane 1250 m.
— Bikfaya 908 m., Douhour ech Choueir 1230 m., El Mteine 1080 m.
— Beit Meri 750 m., Broummana 750 m., Ras el Meten 926 m.
— Hammana 1100 m., Qornayel 1240 m.

— Aaley 850 m., Bhamdoun 1100 m., Saoufar 1300 m.
— Aabey 759 m., Nahr es Safa 950 m.
— Moukhtara 800 m.
— Djezzine 900 m.

La cote décroit de 1200-1500 m. à 800-900 m., fait qui résulte de ce que le horst libanais se divise en deux et que sa moitié nord (au Nord de la route Beyrouth-Damas) est tectoniquement beaucoup plus haute que la moitié sud.

Les centres de peuplement, au Liban, se pressent ainsi d'une part le long de la côte, d'autre part sur le palier de terrains gréseux entre 800 et 1400 m.. Ils sont plus clairsemés sur le versant calcaire qui tombe de la grande flexure sur la côte. Enfin, les hauts-plateaux, trop élevés et arides, sont inhabités.

Dans l'Anti-Liban la verdure et les villages suivent la grande faille de Zebdani-Serrhaya. Le pourtour de l'Hermon et les environs de Queïtra sont, grâce aux précipitations abondantes, également très peuplés.

VI. CONCLUSION

Le paysage et les conditions de vie offertes par la région que nous avons étudiée sont les conséquences d'un passé dont nous remontons les traces jusqu'au début du Secondaire. Encore la recherche d'une explication des divers styles structuraux, de l'étonnant passage de la tectonique à prédominance de failles, propre au Liban, à la tectonique souple de la Damascène, nous mènerait-elle vers des temps bien plus reculés.

Sans aller si loin, constatons que la succession des sédiments variés, la disposition relative des divers complexes de couches et la morphologie actuelle sont le reflet des transgressions et régressions marines et de la lente ascension des reliefs : notre vie quotidienne est placée ainsi sous la dépendance du passé géologique. Dans notre région, cette dépendance apparaît avec une clarté, une force particulières et se manifeste à chaque instant jusque dans les petits détails de l'organisation pratique de notre existence, bien que nous n'y prêtions le plus souvent pas attention ou n'admettions de lui accorder qu'une valeur spéculative.

RÉFÉRENCES

1. — L. LARTET. Exploration géologique de la Mer Morte etc.,. Paris 1877, p. 259-262.
2. — C. DIENER. Libanon. Vienne 1886, p. 377-412, avec carte géologique au 500.000ème du Liban, de l'Anti-Liban et de la Damascène.
3. — M. BLANCKENHORN. Syrien, Arabien u. Mesopotamien — *Handb. d. reg. Geol.*, 1914.
4. — L. KOBER. Geologische Forschungen in Vorder-Asien. Zur Tektonik des Libanon. *Denkschr. math. naturw. Kl. Ak. Wiss.*, Wien, t. 91, 26 III 1914.
5. — E. KRENKEL. Geologie Afrikas. Berlin, Borntraeger, 1925, p. 101.
6. — L. DUBERTRET. Note préliminaire sur la structure géologique des Etats du Levant sous Mandat Français. *CR. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1930, n° 6, p. 43-45.
7. — L. DUBERTRET. Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine ; leur origine *CR. Ac. Sc.*, 1932, p. 195, t. 19 p. 66.
8. — L. DUBERTRET. Sur la structure de la côte orientale de la Méditerranée. *CR. Ac. Sc.*, 1933, t. 197, p. 458.
9. — L. DUBERTRET. La carte géologique au millionième de la Syrie et du Liban. *Revue Géogr. Phys. Géol. Dyn*, vol. VI, f. 4, 1933, p. 209-318, pl. XV-XXVI.
10. — C. COMBIER. La climatologie de la Syrie et du Liban. *Ibid.*, p. 319-346.
11. — L. DUBERTRET. L'hydrologie et aperçu sur l'hydrographie de la Syrie et du Liban dans leurs relations avec la géologie. *Ibid.*, p. 347-452.
12. — L. DUBERTRET et J. WEULERSSE. Manuel de Géographie : Syrie, Liban et Proche-Orient. 1re partie, Beyrouth, Imprimerie Catholique, 1939.
13. — L. DUBERTRET. Carte géologique du Moyen-Orient au 2.000.000e. Beyrouth, 1942.
14 — L. DUBERTRET. Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième (2e édition). 1941-43, avec notice explicative de 69 p..
15. — L. DUBERTRET. Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée. Beyrouth, 1943, notice de 31 p..
16. — C. COMBIER. Aperçu sur les Climats de la Syrie et du Liban avec carte au millionième des Pluies et Vents. Beyrouth 1945, 31 p..
17. — A. BOURCOIN. Sur les anomalies de la pesanteur en Syrie et au Liban. *Notes et Mémoires*, t. IV, Beyrouth 1945, p. 59-90 (imprimé en mai 1945).

18. — *Carte géologique du Liban et de la Syrie au 1/50.000e*, feuilles de Batroun, Tripoli, Jbail, Qartaba, Beyrouth, Zahlé, Djezzine, Rachaya Nord ; Beyrouth 1945 et minutes des feuilles de Saida, Zebdani, Hermon.
par L. Dubertret, R. Wetzel, F. Heybroek, H. Vautrin.

19. — E. de Vaumas. Sur la structure de la Békaa (Liban). *CR. Ac. Sc.*, t. 224, n° 2 (13-1-47), p. 140.

20. — E. de Vaumas. La fracture syrienne et le fossé palestinien. Réinterprétation du « fossé Syrien ». *Revue Biblique*, t. LIV, 1947 n° 3, p. 370-387, pl. IX.

21. — L. Dubertret. Problèmes de la géologie du Levant. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1947, 5e série, t. 17, Fig. 1-3, p. 3-12, pl. A.

22. — H. de Cizancourt. Le tectonique profonde de la Syrie et du Liban. Essai d'interprétation géologique des mesures gravimétriques. *Notes et Mémoires*, t. IV, Beyrouth 1948, p. 157.


DELEGATION GENERALE AU LEVANT DE LA FRANCE COMBATTANTE
SECTION GEOLOGIQUE
LIBAN ET ANTI-LIBAN
CARTE PHYSIQUE
au 1:400.000
Dressée par Mr L. DUBERTRET, Chef de la Section Geologique
1943
HOMS
TRIPOLI
EL MINA
HALBA
Qoubbayate
Zrharta
Ehden
Becharre
Batroun
Jbail
Jounie
BEYROUTH
AALEY
Hammana
ZAHLE
Chtaura
Rayak
BAALBEK
SAIDA
DJEZZINE
Nabatiye
TYR
DAMAS
Doumma
DOUMA
QATANA
Kissoué
Banias
QNAÏTRA
Mesmiyé
QTAÏFE
NEBEK
Deir Aatiyé
Yabroud
Dmeir
ARD EL HAMRA
DIRET ET TOULOUL
SAFA
Bahr el Aataibé
Bahret Hijané
Source : MNHN, Paris

TABLE DES MATIÈRES

ERRATA

Page 8. — Explication de la FIG. 2, lire : ...La dune (3), qui remonte le versant à partir d'une plage soulevée (2), se fond avec la dune formée pendant la régression consécutive (4) ; elle se distingue souvent des dunes ultérieures parce qu'elle est taillée en falaise au-dessus du palier d'abrasion du niveau marin suivant (5), situé en contre bas.

Page 25. — Explication de la FIG. 21, lire : Échelle 1/20.000

Page 38. — Explication de la FIG. 31, lire :
(8) tufs de sources emboîtés dans la vallée, non redressés.
(7) terrain à tessons du Tell Aarqa.
(6) terre noire à galets, quaternaire ; 2 m.

Page 44. — Vingt-huitième ligne, lire : ... s'observent jusque bien au-dessous du zéro actuel.

Page 48. — Explication de la PL. II, FIG. 1, lire : Formations littorales sub-actuelles.

Carte des pluies du Moyen-Orient au deux millionième, références, lire :
R. FEIGE, F. ROSENAU....

ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE CATHOLIQUE
LE TRENTE JUIN MIL NEUF
CENT QUARANTE HUIT
A BEYROUTH